

**UNIVERSIDAD DE CUENCA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS**



**ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA**

**"EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DEL SECTOR LEG TABACAY  
Y ORIENTE ALTO, DE LA PARROQUIA BAYAS DEL CANTÓN AZOGUES"**

**Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de  
Bioquímico Farmacéutico**

**AUTORAS:**

ADRIANA ALEXANDRA INGA ORTEGA

C.I.: 0107204661

DIANA BEATRIZ VANEGAS ORTIZ

C.I.: 0604402560

**DIRECTOR:**

DR. WILSON GEOVANNI LARRIVA

CI: 0102194248

**ASESOR:**

DRA. MARÍA ELENA CAZAR RAMÍREZ

CI: 0602243800

**CUENCA-ECUADOR**

**2017**

---

## RESUMEN

Este trabajo consistió en el análisis de la calidad de agua que es utilizada por los usuarios de las viviendas de los sectores Leg Tabacay y Oriente Alto de la parroquia Bayas del cantón Azogues.

El estudio que se realizó fue descriptivo, de corte transversal, no experimental. Las muestras de agua fueron tomadas en los diferentes domicilios de cada uno de los sectores indicados. Los estudios estadísticos se basaron en un muestreo probabilístico aleatorio estratificado, evaluándose 18 muestras con duplicación en cada semana durante un periodo de ocho semanas correspondientes a los meses de noviembre y diciembre del año 2016. Los parámetros fisicoquímicos que se analizaron fueron los siguientes: color, turbidez, pH, conductividad, alcalinidad, dureza total, sulfatos, cloro libre residual, nitritos, nitratos y para los parámetros microbiológicos se utilizó el método de siembra en tubos múltiples o técnica número más probable (NMP) para coliformes totales y coliformes fecales. El análisis de los resultados se realizó mediante análisis de varianza y pruebas T de student de dos colas utilizando un nivel de significancia del 5%. Todos los parámetros analizados no constan en la norma vigente (Norma INEN 1108-2014), por lo que para evaluar su cumplimiento de calidad, fue necesario tomar como referencia otras normativas referenciales (Norma INEN 1108-2006, NMX-2000, AYSA). Los resultados obtenidos demostraron que tanto en los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, no presentan diferencias estadísticamente significativas en ninguno de los dos sectores analizados y que están dentro de los límites permitidos de acuerdo con las normativas utilizadas como la Norma INEN 1108-2014 (color, turbiedad, cloro libre residual, nitritos y nitratos), Norma INEN 1108-2006 (pH, dureza, sulfatos), NMX 44-093-SCFI-200 (conductividad) y AYSA (alcalinidad), mientras que en los parámetros microbiológicos como los Coliformes totales se encuentran dentro del rango establecido por la Norma INEN 1108-2006 ( $<2$  NMP/100 ml de agua).

**Palabras claves:** Bayas, Calidad de Agua, Coliformes, Normativa, límite permitido.

---

## ABSTRACT

This work consisted in the analysis of the water quality that is used by the users of the houses of the sectors Leg Tabacay and Oriente Alto of the parish Bayas of the Azogues canton. The study was descriptive, cross-sectional, non-experimental. The samples of water were taken in the different domiciles of each of the indicated sectors. The statistical studies were based on stratified probabilistic random sampling, 18 samples were tested with duplication in each week during a period of eight weeks corresponding to the months of November and December of the year 2016. The physicochemical parameters that were analyzed were: color, turbidity, pH, conductivity, alkalinity, total hardness, sulfates, residual free chlorine, nitrites, nitrates and for the microbiological parameters the multi-tube or most probable number (MPN) technique was used for total coliforms and fecal coliforms.

The analysis of the results was performed by analysis of variance and T-tests of two-tailed student using a level of significance of 5%. All the parameters analyzed do not appear in the current standard (INEN Standard 1108-2014), so to assess their compliance with quality, it was necessary to refer to other reference standards (INEN Standard 1108-2006, NMX-2000, AYSA).

The results obtained showed that in both the physicochemical and microbiological parameters, they did not present statistically significant differences in any of the two sectors analyzed and that they are within the limits allowed according to the norms used as the norm INEN 1108-2014 (color, turbidity (pH, hardness, sulfates), NMX 44-093-SCFI-200 (conductivity) and AYSA (alkalinity), while in microbiological parameters such as total coliforms Are within the range established by Norm INEN 1108-2006 (<2 NMP / 100 ml of water).

**Key words:** Bayas, Water Quality, Coliforms, Regulations, limit allowed.



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	2
ABSTRACT.....	3
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	4
ÍNDICE DE FIGURAS .....	5
ÍNDICE DE IMÁGENES .....	6
ÍNDICE DE TABLAS .....	6
INTRODUCCIÓN.....	14
OBJETIVOS DE ESTUDIO .....	16
Objetivo general .....	16
Objetivos específicos.....	16
MARCO TEÓRICO .....	17
1.1    Generalidades del agua potable.....	17
1.1.1    Calidad del agua de consumo humano .....	17
1.1.2    Impacto de la calidad del agua en la salud. ....	17
1.1.3    Enfermedades asociadas al agua .....	18
1.1.4    Determinación de la calidad del agua de consumo humano.....	20
1.1.5    Vigilancia y control de la calidad del agua.....	20
1.1.6    Programa de Control de Calidad del Agua.....	21
1.1.7    Normativa de la calidad del agua .....	22
1.2    Características del agua.....	24
1.2.1    Parámetros físicos .....	24
1.2.2    Parámetros Químicos.....	26
1.2.3    Parámetros microbiológicos .....	30
METODOLOGÍA.....	32
2.1    Materiales y métodos .....	32
2.1.1    Tipo de estudio, diseño de investigación, análisis estadístico .....	32
2.1.2    Población de estudio.....	32
2.2    Insumos, materiales y equipos de laboratorio .....	36
2.3    Métodos y técnicas .....	37
2.3.1    Toma de muestra.....	37
2.3.2    Análisis Fisicoquímico.....	37



2.3.3	Análisis Microbiológico .....	47
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>		<b>51</b>
3.1	Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua potable de los Sectores de Leg Tabacay y Oriente Alto. ....	51
3.2	Comparación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua potable, de los Sectores de Leg Tabacay y Oriente Alto de la Parroquia Bayas. ....	52
3.3	Análisis de los resultados en función de series de tiempo. ....	53
3.4	Cumplimiento de los requisitos de potabilización del agua establecidos en la norma vigente del país. ....	54
4.1	Conclusiones.....	58
4.2	Recomendaciones.....	59
<b>ABREVIATURAS .....</b>		<b>60</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>		<b>61</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>67</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 1: DETERMINACIÓN DEL COLOR.....	38
FIGURA N° 2: DETERMINACIÓN DE LA TURBIEDAD. ....	39
FIGURA N° 3: DETERMINACIÓN DEL PH .....	39
FIGURA N° 4: DETERMINACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD.....	40
FIGURA N° 5: DETERMINACIÓN DE LA ALCALINIDAD. ....	42
FIGURA N° 6: DETERMINACIÓN DE LA DUREZA. ....	43
FIGURA N° 7: DETERMINACIÓN DEL CLORO LIBRE RESIDUAL. ....	44
FIGURA N° 8: DETERMINACIÓN DE NITRITOS. ....	45
FIGURA N° 9: DETERMINACIÓN DE LOS NITRATOS.....	46
FIGURA N° 10: DETERMINACIÓN DE LO SULFATOS.....	47
FIGURA N° 11: PROCESO DE RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA.....	48
FIGURA N° 12: SIEMBRA E IDENTIFICACIÓN DE COLIFORMES FECAL Y TOTALES.....	50
FIGURA N° 13: VALORES PROMEDIO DEL PH EN FUNCIÓN DEL TIEMPO.....	54

## ÍNDICE DE IMÁGENES

IMAGEN N° 1: VÍAS DE TRANSMISIÓN Y AGENTES PATÓGENOS RELACIONADO CON EL AGUA. ....	19
IMAGEN N° 2: REACCIÓN QUÍMICA DEL CLORO LIBRE RESIDUAL. ....	44
IMAGEN N° 3: REACCIÓN QUÍMICA DE LOS NITRITOS.....	45
IMAGEN N° 4: REACCIÓN QUÍMICA DEL NITRATO.....	46

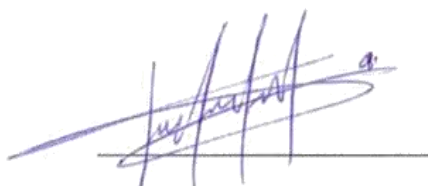
## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: REQUISITOS PARA AGUA POTABLE ESTABLECIDOS POR DIFERENTES ENTIDADES.....	23
TABLA 2: ANÁLISIS REALIZADOS DURANTE EL ESTUDIO. ....	35
TABLA 3: IMPLEMENTOS DE LABORATORIO DE ACUERDO A LOS PARÁMETROS UTILIZADOS. ....	36
TABLA 4: RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA POTABLE DE LOS SECTORES DE LEG TABACAY Y ORIENTE ALTO.....	51
TABLA 5: RESULTADOS COMPARATIVOS DEL AGUA POTABLE QUE ES DISTRIBUIDA EN LOS SECTORES DE LEG TABACAY Y ORIENTE ALTO DE LA CIUDAD DE AZOGUES.....	52

## CLÁUSULAS DE DERECHO DE AUTOR

Yo, Adriana Alexandra Inga Ortega, autora del Trabajo de Titulación “EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DEL SECTOR LEG TABACAY Y ORIENTE ALTO, DE LA PARROQUIA BAYAS DEL CANTÓN AZOGUES”, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Bioquímica Farmacéutica. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autora.

Cuenca, 23 de Marzo del 2017



Adriana Alexandra Inga Ortega

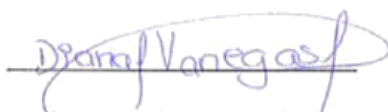
C.I: 0107204661



## CLÁUSULAS DE DERECHO DE AUTOR

Yo, Diana Beatriz Vanegas Ortiz, autora del Trabajo de Titulación “EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DEL SECTOR LEG TABACAY Y ORIENTE ALTO, DE LA PARROQUIA BAYAS DEL CANTÓN AZOGUES”, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Bioquímica Farmacéutica. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autora.

Cuenca, 23 de Marzo del 2017

  
Diana Beatriz Vanegas Ortiz  
C.I: 0604402560





## CLÁUSULAS DE PROPIEDAD INTELECTUAL

Adriana Alexandra Inga Ortega, autora del Trabajo de Titulación "EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DEL SECTOR LEG TABACAY Y ORIENTE ALTO, DE LA PARROQUIA BAYAS DEL CANTÓN AZOGUES", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 23 de Marzo del 2017



Adriana Alexandra Inga Ortega

C.I: 0107204661



## CLÁUSULAS DE PROPIEDAD INTELECTUAL

Diana Beatriz Vanegas Ortiz, autora del Trabajo de Titulación “EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DEL SECTOR LEG TABACAY Y ORIENTE ALTO, DE LA PARROQUIA BAYAS DEL CANTÓN AZOGUES”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 23 de Marzo del 2017

Diana Beatriz Vanegas Ortiz

C.I: 0604402560



## DEDICATORIA

A Dios por estar presente en cada momento en mi vida, dándome sabiduría e inteligencia para seguir adelante y culminar mi carrera.

A mis padres Vicente Inga y Celia Ortega por estar a mi lado, en todos los momentos más difíciles, dándome ánimo y valor para seguir adelante.

A mi hermano Juan Inga, que a pesar de su malgenio y estar molestándome a cada momento supo darme fuerza para terminar.

A mi compañero, amigo y amor de mi vida Kevin por darme ánimos, y mucho entusiasmo en todas las situaciones que tuve que enfrentar. Y por su puesto a mi gran amiga, Diana Vanegas que gracias a su apoyo pudimos terminar una de las metas en la vida.

*“Pelearé hasta el último segundo y mi epítafio será: No estoy de acuerdo”*

*Joaquín Sabina*

**Adriana Inga Ortega.**



## DEDICATORIA

A Dios, por guiar e iluminar mi camino, por la fortaleza que siempre me concedió para culminar mi carrera profesional con éxito, permitiéndome lograr una de mis metas con mucho esfuerzo, perseverancia y satisfacción.

A mis padres por estar siempre conmigo apoyándome en cada momento de vida, alentándome y corrigiendo mis errores. A mis hermanos quienes son mi ejemplo a seguir.

A mi amiga incondicional Adriana quien estuvo conmigo en los buenos y malos momentos de mi vida, y a todas aquellas personas quienes hicieron posible este proyecto.

*“No hay secretos para el éxito. Éste se alcanza preparándose, trabajando arduamente y aprendiendo del fracaso” (Colin Powell)*

**Diana Vanegas Ortiz.**



## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad de Cuenca por su contribución y ayuda con los proyectos de vinculación con la sociedad que permiten a los estudiantes impartir sus conocimientos, en donde su finalidad es servir a nuestros semejantes.

A la Junta Administradora de Agua Potable de Bayas por la apertura que nos brindaron para llevar a cabo el presente trabajo de investigación.

Al Dr. Giovanni Larriva y la Dra. María Elena Cazar por su valiosa colaboración y asesoramiento en la dirección del trabajo de titulación.

Al Lcdo. César Vanegas y la Bqf. Elizabeth Oviedo por la cooperación y orientación a través de sus conocimientos brindados y ayudarnos en todo momento.

---

## INTRODUCCIÓN

El acceso al agua potable es fundamental para la salud, es uno de los derechos básicos de los ciudadanos ecuatorianos establecida en la constitución del año 2008 y que se encuentra regulado en los Arts. 12, 30, 31, 314, 375 y 376; por lo que ésta debe garantizar y asegurar protección para la salud.

La inocuidad del agua de consumo, engloba acciones encaminadas a garantizar la máxima seguridad posible en la utilización especialmente en el consumo directo por los humanos, por lo que se tendrá que enfatizar en la importancia del suministro del líquido vital, considerando primordial para reducir la pobreza, mejorar la salud y bienestar de los niños y adultos (OMS, 2015). Las políticas y las actividades que persiguen dicho fin deberán de abarcar toda la senda de tratamiento del agua desde su captación hasta la distribución domiciliaria. (Lampoglia, Aguero , & Barrios , 2008)

La Junta Parroquial de Agua Potable Bayas es una entidad cuyo objetivo es la prestación de servicios públicos de agua potable dando atención a diez sectores domiciliarios centrales que forman parte de esta parroquia. Dentro de estos está los sectores de Leg Tabacay y Oriente Alto, estos se abastecen del suministro de agua potable, desde la planta por medio de submatrices diferentes. En el sector de Leg Tabacay se distribuye a través de una submatriz que utiliza tubería de PVC de 50 mm de diámetro y en el sector Oriente alto por una submatriz de cobre de 63 mm de diámetro.

Los problemas más comunes que se han observan en los sectores que son abastecidos de agua potable a través de las submatrices que utilizan tubería PVC son rupturas, fallos en las uniones, como consecuencia de ello, el agua a veces llegaba con contaminantes (tierra) a los usuarios. Otro problema es la falta de abastecimiento relacionado con la situación geográfica de cada sector y épocas de estiaje, este último llevando a un manejo inadecuado del agua por parte de los usuarios y consecuentemente a la contaminación del agua, problema comúnmente observado en el sector de Leg Tabacay.

Todos estos antecedentes han llevado a los directivos de la Junta a querer mejorar el sistema de distribución, tecnificar válvulas y corregir situaciones



eventuales que puedan alterar la calidad de agua que brinda, situación que aún se encuentra en estudio. En la actualidad los técnicos analistas de la planta de tratamiento de la Junta de Agua Potable de la parroquia Aurelio Bayas, no cuentan con una base de datos actualizados de los valores de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua que llega a las viviendas, de manera que les permita tener un control adecuado de la calidad del mismo, de esta manera poder realizar las correcciones y mejoramientos en el sistema de distribución en caso de que sea necesario y de esa manera garantizar al 100 por %, que el agua distribuida a través de todo su trayecto hasta llegar a cada hogar tiene una calidad óptima para el consumo humano.

El presente estudio tiene como objetivo evaluar la calidad del agua que es utilizada por las viviendas para el consumo humano de los sectores de Leg Tabacay y Oriente Alto, con el fin que los datos obtenidos nos indique el tipo y la calidad del agua que consumen los usuarios de esta comunidad y sirva a los técnicos de la planta como una base de datos para el control de la distribución y mejoramiento de calidad en caso de ser necesario.

## **OBJETIVOS DE ESTUDIO**

### **Objetivo general**

- Evaluar la calidad del agua que es utilizada para consumo humano de los sectores de Leg Tabacay y Oriente Alto.

### **Objetivos específicos**

1. Realizar los análisis de los parámetros fisicoquímicos, de los sectores de estudio.
2. Realizar los análisis microbiológicos de los sectores de estudio.
3. Comparar la calidad del agua de los dos sectores de estudio mediante los resultados obtenidos de cada uno de los parámetros analizados.
4. Evaluar el cumplimiento de los requisitos de potabilización del agua, a la luz de la información obtenida de los resultados de los análisis realizados.



## MARCO TEÓRICO

### 1.1 Generalidades del agua potable

**Agua potable:** Es el agua cuyas características físicas, químicas y microbiológicas han sido tratadas a fin de garantizar su aptitud para consumo humano. (INEN, 2014). Es decir con el propósito de utilizarla en algún beneficio, sin producir peligro para el consumidor (Sierra Ramírez, 2011).

#### 1.1.1 Calidad del agua de consumo humano

Para asegurar que el agua sea de calidad y óptima para el consumo humano ésta debe ser exenta de sustancias que transmitan sensaciones sensoriales desagradables para el consumo humano como el color, olor, sabor o turbiedad (OPS & COSUDE, 2007).

La calidad del agua además depende de las condicionales ambientales de la zona donde se encuentren las fuentes naturales, en las cuales pueden influenciar ciertos factores tanto internos (organización comunal, malos hábitos de higiene, bajo nivel educativo), como externos (contaminación ambiental, etc.). Por lo tanto es importante prevenir y mantener libre de contaminantes el área natural que brinda la fuente de agua (Sanabrina, Fonseca , & Cotes, 2010).

La importancia de mantener la calidad para el consumo humano radica en que el agua es uno de los principales medios para la transmisión de enfermedades que afectan a los humanos (Lenntech, 2006).

#### 1.1.2 Impacto de la calidad del agua en la salud.

La calidad del agua potable tiene un impacto fundamental sobre la salud de la comunidad y el crecimiento poblacional y comunitario (REINOSO, 2010). Los riesgos para la salud relacionados con el consumo de agua de mala calidad más comunes y extendidos son las enfermedades infecciosas ocasionadas por agentes patógenos como bacterias, virus y parásitos, muchos de estos contaminantes pueden provenir de distintas fuentes y vías de exposición

significativas, comúnmente se da por contaminación con excretas humanas o de animales, lo que se ha tornado un problema mundial que demanda urgente control mediante la implementación de medidas de protección ambiental a fin de evitar el incremento y prevalencia de las enfermedades relacionadas con la calidad del agua (OMS, 2010).

En los sistemas de distribución la contaminación del agua puede deberse a diferentes factores entre ellos conexiones cruzadas, retrosifonaje, tuberías rotas, grifos contra incendios, conexiones domiciliarias, cisternas y reservorios defectuosos y durante el tendido de nuevas tuberías o reparaciones u obras de mantenimiento hechas con pocas medidas de seguridad. Otro factor que ha generado recontaminación en las ciudades o localidades es el déficit del suministro como resultado de la rotación del servicio de una a otra área de abastecimiento con el fin de atender la demanda de agua (OPS & COSUDE, 2007). Por lo tanto, el fin de evaluar y dar un seguimiento de la calidad del agua a través de ensayos fisicoquímicos y bacteriológicos, es la eliminación o reducción, por debajo de los niveles perjudiciales los agentes contaminantes, para garantizar salud y bienestar del consumidor (OPS & COSUDE, 2007).

### **1.1.3 Enfermedades asociadas al agua**

Las enfermedades transmitidas por el agua conforman un problema sanitario que no afecta a todos los seres humanos por igual debido a que existe mayor vulnerabilidad en aquellas poblaciones que habitan de manera permanente en las proximidades de los cursos de las aguas superficiales contaminadas con restos fecales de humanos o animales y además contener microorganismos patógenos (Sosa, 2008). Las enfermedades que están relacionadas con la contaminación del agua varían considerablemente en la naturaleza, trasmisión, efectos y tratamiento (Departamento de Salud de Aragon, 2005). Entre estas tenemos:

- **Enfermedades transmitidas por el agua o enfermedades vinculadas a la falta de higiene:** Se incluyen a las causadas por organismos que se transmiten por vía fecal-oral y las causadas por sustancias tóxicas; las

enfermedades de origen vectorial relacionadas con el agua y las enfermedades vinculadas a la escasez de agua. Ejemplo: tiña, tracoma, conjuntivitis, sarna, ascariasis, amebiasis, teniasis, uncinariasis, etc. (Departamento de Salud de Aragon, 2005).

- **Enfermedades microbiológicas transmitidas por el agua:** Son las enfermedades causadas por organismos patógenos presentes en el agua y que ingresan al organismo de los humanos por beber agua contaminada. Están relacionadas a la contaminación con excretas humanas. Ejemplo: fiebre tifoidea, cólera, disentería amebiana, disentería bacilar, hepatitis, gastritis y gastroenteritis (Departamento de Salud de Aragon, 2005).
- **Enfermedades químicas transmitidas por el agua:** Son enfermedades asociadas a la ingestión de aguas que contienen sustancias tóxicas en concentraciones perjudiciales. Estas sustancias pueden ser de origen natural o artificial, generalmente de localización específica. Algunos ejemplos son: metahemoglobinemia infantil y enfermedades por ingerir aguas contaminadas con sustancias tóxicas, como plomo arsénico o hierro (Departamento de Salud de Aragon, 2005).

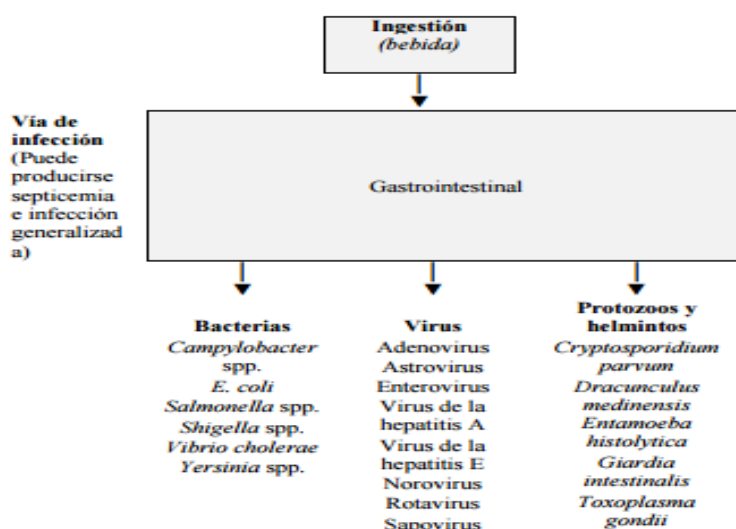


Imagen N° 1: Vías de transmisión y agentes patógenos relacionado con el agua.

**Fuente:** (OMS, 2010).

#### **1.1.4 Determinación de la calidad del agua de consumo humano**

La calidad del agua se determina comparando las características fisicoquímicas y microbiológicas de una muestra de agua con directrices de calidad del agua o estándares de cada país. En el caso del agua potable, estas normas se establecen para asegurar un suministro de agua limpia y saludable para el consumo humano. Estas pautas se basan normalmente en unos niveles de toxicidad científicamente comprobados y considerados dañinos tanto para los humanos como para organismos acuáticos (ONU, 2015).

De allí la importancia de analizar y determinar el cumplimiento de los niveles permisibles de los parámetros físicos-químicos y microbiológicos que se encuentran en las normas que determinan la calidad del agua de consumo.

Por lo tanto es relevante el determinar las características fisicoquímicas de un agua con el fin de mejorar las características organolépticas del líquido vital y determinar a qué concentración ciertos compuestos llegarían a ser perjudiciales para la salud de los seres humanos. Estos daños se pueden observar a largo plazo, o en otros casos a corto plazo debido a múltiples exposiciones. La calidad del agua es vulnerable y puede variar con rapidez y todos los sistemas pueden presentar fallos ocasionales de allí la importancia de realizar una vigilancia microbiológica que proporciona información certera y precisa sobre la calidad sanitaria de ésta, a través del análisis de laboratorio en búsqueda de microorganismos indicadores de contaminación fecal (coliformes fecales y coliformes totales) (OMS, 2015).

#### **1.1.5 Vigilancia y control de la calidad del agua.**

##### **1.1.5.1 Vigilancia sanitaria**

Definida como el conjunto de acciones adoptadas por la autoridad competente para evaluar el riesgo que representa a la salud pública el suministro de agua de calidad no adecuada por los sistemas públicos o privados de abastecimiento, así como valorar el grado de cumplimiento de la legislación vinculada para la calidad del agua (OMS, 2015). Es decir evaluar e identificar riesgos asociados a los sistemas de distribución. Además la vigilancia previene y corrige los posibles

riesgos que pueden presentarse antes de que se produzcan anomalías en la calidad del agua y su consumo e identifica brotes de enfermedades relacionados con el consumo de líquido vital no apto, para evitar la propagación de enfermedades (Vargas Garía, Rojas Vargas, & Joseli Cajas, 2000).

#### **1.1.5.2 Control sanitario**

Definida como el conjunto de actividades ejercidas en forma continua por el abastecedor con el objetivo de verificar que la calidad del agua suministrada a la población cumpla con la legislación acorde a cada lugar o país (SUNASS, 2010). Es decir, el abastecedor es el responsable de la calidad del agua que produce, distribuye y de la seguridad del sistema que opera, teniendo precaución de llevar a cabo un mantenimiento preventivo y de realizar buenas prácticas preventivas, conjuntamente con inspecciones sanitarias, asegurando que el agua que es irrigada hacia los pobladores sea de calidad y además asegurar que no existan posibles contaminaciones en los sistemas de distribución (Vargas Garía, Rojas Vargas, & Joseli Cajas, 2000).

#### **1.1.6 Programa de Control de Calidad del Agua.**

Es un instrumento de evaluación y verificación que tiene como finalidad lograr que el producto cumpla con las disposiciones normativas de la calidad del agua para consumo humano y que la calidad sea mantenida en los sistemas de distribución hasta que sea entregada al usuario (SUNASS, 2010). Debe incluir:

- Control de cloro residual en el sistema de producción y distribución.
- Control de la calidad microbiológica del agua a la salida del sistema de producción y en el sistema de distribución.
- Control de la calidad física y química del agua en el sistema de producción y en el sistema de abastecimiento.
- Inspecciones sanitarias en el sistema de producción y en el sistema de distribución.
- Control de calidad de los productos químicos usados en el tratamiento y desinfección del agua (SUNASS, 2010).

En resumen el control de calidad se diferencia de la vigilancia por la responsabilidad institucional, en la forma de actuación, en las áreas geográficas de actuación, frecuencia de muestreo, en la interpretación y aplicación de los resultados, mientras que la vigilancia sanitaria valida o verifican por muestreo la calidad del agua, selecciona auditores externos que realizan el control de la calidad analítica en los laboratorios del ente regulador y del abastecedor, con el fin de que se implemente actividades correctivas en caso necesario pero tienen algo en común que es en el planteamiento y la implementación (OMS, 2015).

#### **1.1.7 Normativa de la calidad del agua**

El Ecuador cuenta con una normativa específica de calidad del agua que es la Norma INEN 1108:2014, el cual establece los requisitos que debe cumplir el agua potable para consumo humano, siendo su finalidad la de proteger la salud pública mediante el establecimiento de los niveles adecuados o máximos permisibles que puedan representar riesgo para la salud de la comunidad (Mejía, 2005). Esta norma se aplica al agua potable de los sistemas de abastecimiento públicos y privados. Es indispensable recalcar que para este estudio, no todos los parámetros analizados se encuentran dentro de la normativa actualizada (Norma INEN 1108-2014), para lo cual se toma como referencia otras normativas internacionales, especificándose en la siguiente tabla.

Tabla 1: Requisitos para Agua Potable establecidos por diferentes entidades.

PARÁMETROS	UNIDADES	LÍMITES MÁXIMOS PERMITIDOS	REFERENCIA
<b>Características físicas</b>			
Color	Unidades de color aparente (Pt-Co)	15	INEN 1108:2014
Turbiedad	NTU	5	INEN 1108:2014
Conductividad	μS/cm	400	NMX-AA-093-SCFI-2000
<b>Características químicas</b>			
pH	-----	6.5 a 8.5	INEN 1108-2:2006
Alcalinidad	mg/L	400	AYSA
Dureza total	mg/L	300	INEN 1108-2:2006
Cloro libre residual	mg/L	0.3-1.5	INEN 1108:2014
Nitratos	mg/L	50	INEN 1108:2014
Nitritos	mg/L	3.0	INEN 1108:2014
Sulfatos	mg/L	200	INEN 1108-2:2006
<b>Características microbiológicas</b>			
Coliformes totales	NMP/100ml	<2*	INEN 1108:2006
Coliformes fecales	NMP/100ml	< 1.1	INEN 1108:2014

- < 2 significa que el ensayo del NMP utilizando una serie de 5 tubos por dilución, ninguno es positivo.

## 1.2 Características del agua

### 1.2.1 Parámetros físicos

Se clasifican como parámetros físicos aquellas características que tienen incidencia directa sobre las condiciones organolépticas y estéticas del agua. (Doménech & Peralta , 2006).

Los parámetros físicos más importantes son:

- **Turbiedad**

La turbiedad es una expresión de la propiedad o efecto óptico causado por la dispersión e interferencia de los rayos luminosos que pasan a través de una muestra de agua, es decir es la propiedad óptica de una suspensión que hace que la luz sea remitida y no transmitida a través de la suspensión (Doménech & Peralta , 2006). Las principales causas de la turbiedad en el agua son: materiales en suspensión que varían en tamaño, desde dispersiones coloidales hasta partículas gruesas, entre otros arcillas, limo, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, organismo planctónicos y microorganismos. (Sierra Ramírez, 2011).

La determinación de la turbiedad es importante considerarla en aguas de abastecimiento público por las siguientes razones:

1. Estética.
2. Filtrabilidad.
3. Eficacia en la desinfección.

La filtración etapa importante ya que se eliminan microorganismos contaminantes que influyen en la turbiedad. Las partículas que dan turbiedad en el agua permiten que los microorganismos encuentran refugio para evitar a los agentes desinfectantes, incidiendo en los costos de tratamiento (Contreras, 2001).

Los datos de la turbiedad son importantes porque permiten determinar el tipo de tratamiento que se debe dar al agua cruda antes de ser distribuida para consumo público, evalúa la eficacia del proceso de floculación, control del proceso de filtración, sedimentación y determina la potabilidad del agua. (Romero Rojas, 2002).



- **Color**

Es la característica que hace parecer el agua coloreada o es la capacidad de absorber ciertas radiaciones del espectro visible. Las causas más comunes del color del agua son la presencia de hierro y manganeso coloidal o en solución, el contacto del agua con desechos orgánicos, hojas, madera, raíces, etc., en diferentes estados de descomposición, y la presencia de taninos, ácido húmico y algunos residuos industriales. El color del agua se clasifica en orgánicos por presencia de materia orgánica e inorgánica debido a la presencia de materia inorgánica. (Romero Rojas, 2002).

Existen dos tipos de colores

**Verdadero:** Color de la muestra después que se asientan las partículas en suspensión debido a materia coloidal proveniente de extractos vegetales u orgánicos. Es decir color de la muestra una vez que se ha removido su turbidez. (Romero Rojas, 2002).

**Aparente:** Color de la muestra antes que se asienten las partículas en suspensión. El color aparente se determina sobre la muestra original, sin filtración o centrifugación previa (Romero Rojas, 2002).

La determinación del color no se relaciona directamente con el grado de contaminación pero el usuario asocia el color con la contaminación. En conclusión el agua debe estar sin color para que sea agradable a la vista. (Romero Rojas, 2002).

Los datos del color dan una información sobre el tratamiento del agua, además sirve para evaluar las características del agua, la fuente del color y la eficiencia del proceso utilizado para su remoción (Martínez Márquez, 2006).

- **Conductividad**

La conductividad del agua es una expresión numérica de la habilidad para transportar una corriente eléctrica, que depende de la concentración total de sustancias disueltas ionizadas en el agua y de la temperatura a la cual se haga la determinación (Lenntech, 2006). Esta capacidad depende de la presencia de iones, de su concentración total, de su movilidad, valencia y concentraciones relativas, así como de la temperatura (NMX, 2000).

La conductividad es comúnmente utilizada para determinar de manera rápida el contenido de sólidos disueltos que se relaciona mediante un factor que oscila entre 0,55 (aguas alcalinas) y 0,7 (aguas salinas), es igual al contenido de sólidos disueltos, en mg/L (Marín Galvín & Marín Galvín, 2000). La determinación de conductividad es importante porque proporciona una idea del grado de mineralización del agua natural, potable, residual, residual tratada, de proceso o bien del agua para ser usada en el laboratorio en análisis de rutina o para trabajos de investigación (NMX, 2000).

### 1.2.2 Parámetros Químicos

Se relaciona con los compuestos químicos disueltos en el agua y que pueden modificar sus propiedades (SENA, 1990).

- **Potencial de Hidrogeno (pH)**

El pH es un término usado comúnmente para expresar la intensidad de las condiciones ácidas y básicas de una solución cualquiera. El pH es la medición de la concentración de iones Hidronio,  $H_3O^+$ , en la disociación. (Harris, 2007).

Existen dos métodos para la determinación del pH: 1) método colorimétrico: basado en el uso de indicadores, como la fenolftaleína, rojo de metilo, anaranjado de metilo, etc., y 2) método electrométrico basado en mediciones de corriente y potencial mediante aparatos como el pH metro, potenciómetro (Romero Rojas, 2002).

Es importante recalcar que el pH no mide la acidez total o la alcalinidad total, solamente sirve para determinar si el agua no presenta acidez o alcalinidad o si coexisten ambas. La determinación del pH es importante porque tiene influencia en los procesos de tratamiento, tanto los de agua potable como agua residual. En la potabilización del agua, interviene en la coagulación-floculación, la desinfección, el ablandamiento y el control de la corrosión. (Ronald, 2001).

- **Alcalinidad**

La alcalinidad es la capacidad del agua para neutralizar ácidos y/o la presencia de iones  $[OH^-]$ ,  $[CO_3^{2-}]$ , o  $[HCO_3^-]$ . (RED, 2007). Dado que la alcalinidad de aguas superficiales está determinada generalmente por el contenido de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos, ésta se toma como un indicador de dichas especies

iónicas (Fuentes & Massol-Deya, 2002). No obstante, algunas sales de ácidos débiles como boratos, silicatos, nitratos y fosfatos pueden también contribuir a la alcalinidad. Estos iones negativos en solución están comúnmente asociados o pareados con iones positivos de calcio, magnesio, potasio, sodio y otros cationes. (Lenntech, 2006).

Los valores altos de alcalinidad podrían producir un sabor desagradable al agua, producir precipitación de sales de calcio en las tuberías y producir un valor de pH para ciertos tratamientos biológicos (Romero Rojas, 2002).

- **Dureza**

La dureza del agua es la propiedad de requerir una gran cantidad de jabón superior a la exigida por el agua destilada antes de formar una espuma estable. En la mayoría de los casos se debe principalmente a la presencia de iones calcio y magnesio, y otras veces a cationes divalentes que también contribuyen a la dureza como son, estroncio, hierro y manganeso, pero en menor grado ya que generalmente están contenidos en pequeñas cantidades (Rodríguez, 2010).

La dureza del agua tiene distinta comparación entre dureza temporal y dureza permanente.

**Dureza temporal:** Se debe a la presencia de bicarbonatos y carbonatos de calcio y magnesio, que puede eliminarse por ebullición, y al mismo tiempo esteriliza el agua (Rodríguez, 2010).

**Dureza permanente:** conocido también como dureza no carbónica. La dureza permanente no puede ser eliminada al hervir el agua, es usualmente causada por la presencia del sulfato de calcio y magnesio y/o cloruros en el agua, que son más solubles mientras sube la temperatura hasta cierto valor, luego la solubilidad disminuye conforme aumenta la temperatura. Puede ser eliminada utilizando el método SODA (sulfato de sodio) (Rodríguez, 2010).

Desde el punto de vista sanitario, las aguas duras son satisfactorias para el consumo humano como las aguas blandas, sin embargo un agua dura requiere demasiado jabón para la formación de espuma y crea problemas de lavado, además deposita lodo e incrustaciones sobre las superficies que está en

contacto, así como en los recipientes, calderas o calentadores en los cuales se calienta (Romero Rojas, 2002).

- **Cloro libre Residual**

El cloro es el agente más utilizado en el mundo como desinfectante en el agua de consumo humano, debido principalmente por su carácter fuertemente oxidante, que es responsable de la destrucción de numerosos agentes causantes de malos sabores y por la facilidad de controlar y comprobar unos niveles adecuados (Salud F. N., 2013).

El cloro residual libre en el agua de consumo humano se encuentra como una combinación de hipoclorito y ácido hipocloroso, en una proporción que varía en función del pH. El cloro residual combinado es el resultado de la combinación del cloro con el amonio (cloraminas), y su poder desinfectante es menor que el libre. La suma de los dos constituye el cloro residual total (Weber J, 2003).

La presencia de cloro residual en el agua potable es indicativo de que una cantidad suficiente de cloro fue añadida inicialmente al agua para inactivar las bacterias y algunos virus causantes de enfermedades diarreicas y además que el agua se encuentra protegida de posibles recontaminantes microbiológicos durante su almacenamiento o transferencia. Se recomienda examinar constantemente el cloro residual por las siguientes circunstancias: 1) monitorizar procedimientos de dosificación y 2) evaluar los sistemas de transferencia y almacenamiento de aguas ya sea en domicilios o en plantas de tratamiento. La finalidad del examen químico del cloro libre residual en las plantas de tratamiento de agua es determinar cuánto cloro debe ser añadido al agua que será usada como bebida de consumo humano (Montesdeoca Batallas, 2010).

- **Sulfatos**

El ión sulfato es uno de los aniones más comunes en las aguas naturales. Se encuentra en concentraciones que varían desde unos pocos hasta varios miles de mg/L. Los sulfatos son compuestos que se encuentran presentes en el agua de forma natural, debido al lavado y la disolución parcial de materiales del terreno por el que discurre. Se han encontrado altas concentraciones tanto en las aguas subterráneas como sometidas a contaminación antropogénica (Weber J, 2003).

Los sulfatos, tal y como aparecen en el agua de consumo, no son tóxicos, sin embargo en muy grandes concentraciones, se ha observado un efecto laxante acompañado de deshidratación e irritación gastrointestinal, esto sucede cuando las concentraciones son superiores a 250 ppm. Otros efectos perjudiciales que pueden ocasionar: es la toxicidad para plantas y animales a concentraciones superiores a 200 ppm, disminución del pH aumentando el poder corrosivo del agua, produce incrustaciones al combinarse con calcio y magnesio y en combinación con la materia orgánica y las bacterias sulforreductoras causan problemas de corrosión en la corona de las tuberías de concreto de alcantarillado. (Sierra Ramírez, 2011).

- **Nitritos y Nitratos**

Son sales químicas derivadas del nitrógeno que, en concentraciones bajas, se encuentran en forma natural en el agua y en el suelo. Los nitritos son formados biológicamente por la acción de bacterias nitrificantes, en un estadio intermedio en formación de nitratos (OMS, 2015). El nitrato es encontrado naturalmente en el suelo y agua, pero usualmente a bajas concentraciones (menos de 4 mg/L en agua). Entre las fuentes más comunes de contaminación por nitrato incluyen sistemas sépticos, basureros, fertilizantes, estiércol y material vegetal en descomposición (Ryczel, 2006).

Determinados procesos de potabilización de aguas naturales destinadas al abastecimiento de la población, tal como en la desinfección, al producirse la oxidación de compuestos nitrogenados (como el amonio y los nitritos) da como resultado la formación de nitratos. Por lo tanto, en las aguas de consumo público, la presencia de nitratos es consecuencia del contenido de este compuesto en las aguas naturales y de la transformación de los otros compuestos nitrogenados en nitratos, a causa de la necesaria desinfección. Además debe ser controlado en el agua potable principalmente, porque niveles excesivos pueden provocar metahemoglobinemia, o “la enfermedad de los bebés azules”. Aunque los niveles de nitratos que afectan a los bebés no son peligrosos para niños mayores y adultos (W. & Bauder , 2012).

### 1.2.3 Parámetros microbiológicos

La contaminación del agua representa uno de los principales problemas que se enfrenta en la actualidad, afectando no sólo la calidad y bienestar del recurso sino también la salud de la población (Guzmán & Norat, 2004). Los principales microorganismos que se transmiten a través del agua engloban a las bacterias, virus y protozoos, aunque existen también otros organismos que pueden ser transmitidos a través del agua potable, pero su probabilidad de transmisión es muy baja (Marín Galvín R. , 2003). El mayor riesgo que se trata de evitar es el consumo del líquido que puede estar contaminado con excrementos humanos o animales, las cuales podrían contener microorganismos patógenos que llegarían a causar infecciones graves con morbilidad elevada, por lo tanto un fallo general del sistema de protección de la seguridad de abastecimientos de agua puede ocasionar una contaminación a gran escala siendo importante llevar un monitoreo constante de la calidad sanitaria de la misma (OMS, 2015).

#### 1.2.3.1 Coliformes como indicador microbiológico de la calidad sanitaria del agua

Las bacterias de referencia elegidas son las de grupo coliformes. El principal representante de este grupo de bacterias es la *Escherichia coli*. Este grupo de bacterias han sido elegidas como indicador de contaminación debido a: 1) están presentes en el excremento de animales de sangre caliente e incluso en los seres humanos, 2) fácil detección y cuantificación por medio de técnicas sencillas y económicamente viables, 3) la concentración está relacionada directamente al gradiente de contaminación fecal, 4) tiempo de sobrevivencia en el agua es mayor que las bacterias patógenas intestinales y 5) mayor resistencia a agentes tóxicos activos y agentes desinfectantes (Araújo, Capella, & Moreno, 1999).

#### Coliformes Totales

Bacterias entéricas, bacilos Gram-negativos, aerobios o anaerobios, no formadores de esporas, oxidasa-negativos, capaces de desarrollarse en presencia de sales biliares o agentes que fermentan la lactosa con producción de ácido, gas y aldehído a  $35 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$  en 24-48 horas. La mayoría de las bacterias del grupo coliformes pertenecen a los géneros: *Escherichia*, *Citrobacter*,

Klebsiella y Enterobacter (Camacho, Giles, Ortigón, Serrano, & Velázquez, 2009). Se encuentran en grandes cantidades en el ambiente como fuentes de agua, vegetación y suelos, no están asociados necesariamente con la contaminación fecal y no plantean ni representan necesariamente un riesgo evidente para la salud. Son considerados indicadores de degradación de los cuerpos de agua. En aguas tratadas estas bacterias funcionan como una alerta de que ocurrió contaminación, sin identificar el origen, indicando que hubo fallas en el tratamiento, en la distribución o en las propias fuentes (Robert Pullés., 2013).

### **Coliformes fecales o termotolerantes**

Subgrupo de las bacterias coliformes que fermenta la lactosa a  $44,5 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$  en 24 horas con producción de ácido y gas, su origen es esencialmente fecal (Camacho, Giles, Ortigón, Serrano, & Velázquez, 2009). Incluye a Escherichia y en menor grado las especies de los géneros de Klebsiella, Enterobacter y Citrobacter, estas últimas tienen una importante función secundaria como indicadoras de la eficacia en los procesos de tratamiento del agua para eliminar las bacterias fecales. Indican la calidad del agua tratada y la posible presencia de contaminación fecal (Robert Pullés., 2013).

### ***Escherichia coli***

El origen fecal de la *E. coli* es incuestionable y su naturaleza ubicua poco probable, lo que valida su papel más específico de organismo indicador de contaminación, tanto en aguas naturales como tratadas (Departamento de Salud de Aragon, 2005).

Bacteria del grupo coliformes que fermenta la lactosa y manitol, con producción de ácido y gas a  $44,5 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$  en 24 horas, produce indol a partir del triptófano, oxidase negativa, no hidroliza la urea, es considerado el más específico indicador de contaminación fecal reciente y de eventual presencia de organismos patogénicos (Robert Pullés., 2013).

## METODOLOGÍA

### 2.1 Materiales y métodos

#### 2.1.1 Tipo de estudio, diseño de investigación, análisis estadístico

##### 2.1.1.1 Tipo de investigación

Estudio analítico, descriptivo, de corte transversal.

##### 2.1.1.2 Análisis estadístico

Los resultados generales se presentaron usando estadística descriptiva para cada uno de los dos sectores. Para evaluar que tan equiparable es la calidad del agua de los dos sectores de estudio, se realizó un análisis comparativo entre los datos obtenidos por medio de pruebas T student, para cada uno de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos analizados. Todos los análisis se realizaron en el programa estadístico Minitab 17 utilizando un nivel de significancia del 5%.

#### 2.1.2 Población de estudio

El estudio y la toma de muestras se llevaron a cabo en la Parroquia Bayas del Cantón Azogues en donde existe un total de 1206 medidores.

Esta Parroquia está dividida en 10 sectores de los cuales se tomaron dos para este estudio: Leg Tabacay y Oriente Alto.

##### 2.1.2.1 Tamaño de la muestra

Para determinar el tamaño de las muestras se tomó como referencia el número total de medidores que existe en toda la parroquia Bayas que fue nuestra población de estudio, pues este dato se relaciona con el número de viviendas pertenecientes a esta. A partir de este dato se procedió al cálculo del número de muestras que se debió tomar en toda la parroquia Bayas, aplicando la siguiente formula:

$$n = \frac{N * Z^2 * \alpha * p * q}{d^2(N - 1) + Z^2 * p * q}$$

(Aguilar Barajos, 2005)

Siendo:

- n es el número de sujetos u objetos de estudio a incluir en la investigación.



- $N$  es el tamaño del universo o población de estudio, en nuestro estudio es 1206 medidores.
- $Z^2\alpha$  representa el nivel de confianza o seguridad en estimar el parámetro real del universo, para un nivel de significancia del 5%  $Z\alpha=1.96$ .
- $p$ = proporción esperada obtenida de las proporciones encontradas en otras investigaciones. Si no tenemos idea de la proporción esperada usamos el valor de 0.5 que maximiza el tamaño de la muestra.
- $q=1-p$
- $d$ = precisión, precisión con la cual se desea estimar el parámetro. El error máximo aceptado es 10%.

(Aguilar Barajos, 2005)

### Reemplazando

$$n = \frac{1206 * 1.96^2 * 0.5 * 0.5}{0.1^2(1206 - 1) + 1.96^2 * 0.5 * 0.5} = 89.02$$

El número total de muestras tomadas de acuerdo a la cantidad total de medidores en la Parroquia Bayas, es de 89 muestras, con una precisión del 10% y un nivel de confianza del 95%.

Pero la finalidad fue analizar el agua que es irrigada a los sectores Leg Tabacay y Oriente Alto, por lo tanto el tipo muestreo que se llevará a cabo es por estratos, con la misma precisión.

Por consiguiente se utilizó la siguiente fórmula para determinar el número de muestras a tomar por cada sector, utilizando el número de medidores en cada uno de ellos.

$$\text{Proporción} = \frac{\text{Nº de medidores del sector}}{\text{Nº de medidores de la parroquia}} * n$$

Siendo:

- $n$  es el número de sujetos u objetos de estudio a incluir en la investigación.
- $p$  el número de muestras a tomar por sector.

### Reemplazando

**Sector Oriente alto= 125 medidores.**

$$\text{Proporción} = \frac{125}{1206} * 89 = 9.22 = 9$$

**Sector de Leg Tabacay= 117 medidores.**

$$\text{Proporción} = \frac{117}{1206} * 89 = 8.63 = 9$$

En total se muestreo a 9 puntos (viviendas) por cada sector.

### **2.1.2.2 Muestreo**

El tipo de muestreo fue simple con un estudio probabilístico debido a que las muestras fueron tomadas al azar para ser representativos de la zona de abastecimiento de agua y obviamente debían estar distribuidos uniformemente en toda la zona de estudio, el muestreo se realizó durante 8 semanas desde el 7 de Noviembre al 27 de Diciembre, los días lunes, realizándose en total 8 días de muestreo. Se tuvieron dos sectores de muestreo: Oriente Alto y Leg Tabacay respectivamente, cada uno con nueve puntos que muestrear, de cada punto se tomó dos muestras por día, una para el análisis fisicoquímico y otra para el análisis microbiológico, obteniéndose al final del estudio un total de 288 muestras. Las muestras fueron tomadas del domicilio, y a lo largo del proceso se realizó en las mismas viviendas seleccionadas al azar, en las cuales se determinó por duplicado los parámetros fisicoquímicos: color, pH, turbiedad, conductividad, alcalinidad, dureza, cloro libre, sulfatos, nitritos, nitratos; y los parámetros microbiológicos: coliformes totales y fecales.

Tabla 2: Análisis realizados durante el estudio.

Fechas		Noviembre 2016				Diciembre 2016			
		7	14	21	28	5	12	19	27
Días de muestreo (Lunes)		L	L	L	L	L	L	L	L
Puntos de muestreo		18	18	18	18	18	18	18	18
Por muestra	Fisicoquímicos	20	20	20	20	20	20	20	20
	Microbiológico	1	1	1	1	1	1	1	1
Por día	Fisicoquímicos	360	360	360	360	360	360	360	360
	Microbiológico	18	18	18	18	18	18	18	18
Total de parámetros semanalmente		378	378	378	378	378	378	378	378
Total final de parámetros analizados		3024							

## 2.2 Insumos, materiales y equipos de laboratorio

Tabla 3: Implementos de laboratorio de acuerdo a los parámetros utilizados.

Análisis	Reactivos	Equipos	Materiales
<b>Color</b>	Agua destilada	Colorímetro	Tubos Nessler
<b>pH</b>	Agua destilada	Potenciómetro	Vasos de precipitación
<b>Turbiedad</b>		Espectrofotómetro Marca: HACH BE RIGHT P1-4	Tubos de ensayo para celdas de lectura
<b>Alcalinidad</b>	Ácido clorhídrico 0.01 N Indicador: Anaranjado de metilo Fenolftaleína		Vasos de precipitación Bureta Soporte metálico
<b>Dureza</b>	EDTA 0.01N Hidroxido de Amonio al 10% Eritrocromo negro T		
<b>Sulfatos</b>	Sulfaver 4 Sulfate Reagent	Espectrofotómetro Marca: HACH DREL 2800	Tubos de ensayo para celdas de lectura
<b>Nitrito</b>	Nitraver 3 Nitrite Reagent		
<b>Nitrato</b>	Nitraver 5 Nitrate Reagent		
<b>Coliformes Totales</b>	Medios de Cultivo: Lauril Sulfato	Estufa Autoclave Marca: GLOWS LS-1 Balanza Marca: BOECO Germany BWL 61	Tubos de ensayo Gradillas Pipetas estériles Lámparas de alcohol Asas para cultivo.
<b>Coliformes Fecales</b>	Medios de Cultivo: Bilis verde Brillante Medio SIM	Baño maría Autoclave Balanza	

Preparación de reactivos: Anexo 2

## 2.3 Métodos y técnicas

### 2.3.1 Toma de muestra

Para análisis físico-químico y microbiológico se tomaron muestras por separado, ya que los métodos de recolección y manejo son diferentes. Se tomó en cuenta si el inmueble a muestrear posee un tanque de almacenamiento, ya que al ser así, la muestra analizada no sería real debido al consumo completo del cloro suministrado en el tratamiento, lo que nos daría unos resultados incorrectos o inválidos.

#### 2.3.1.1 Toma de muestra en inmuebles

Se seleccionó la llave más representativa del domicilio, observando que sea de uso frecuente para consumo humano. La llave no debía presentar fugas en la parte superior, para evitar mezclas inconvenientes con el agua que circula al interior. Se desinfectó el grifo de descarga (llave de agua) utilizando alcohol al 70% y se dejó correr el agua durante 2 a 3 minutos. Posteriormente se sanitizó las tapas y bocas de los frascos de polietileno (completamente limpios de 250 ml de capacidad) utilizados para la recolección de las muestras y se etiquetó cada frasco estéril, finalmente se procedió a la toma de la muestra de agua.

Para el registro de cada uno de los puntos tomados en los sectores se realizaron fichas técnicas para tener una información más detallada y específica del lugar de muestreo (**Anexo 1**).

### 2.3.2 Análisis Físicoquímico

#### 2.3.2.1 Determinación del Color

**Fundamento:** Se realizó por comparación visual de la muestra con discos de cristal de color calibrados previamente con una solución de cloroplatinato de potasio. Los discos de comparación varían en un rango de 0 a 50 UC, si la lectura del color de una solución es mayor se realizan diluciones. La unidad para medición del color que se usa como estándar, es el color que produce 1 mg/l de Platino en la forma de ión cloroplatinato. (Deloya Martínez, 2003).

El color puede cambiar con el pH de la muestra, por lo que es necesario, que al medir el color, se reporte también el pH de la muestra (Deloya Martínez, 2003).

**Procedimiento:**

Figura N° 1: Determinación del color.

**Fuente:** (Las autoras).**2.3.2.2 Determinación de la Turbidez**

**Fundamento:** Método nefelométrico, se basa en la comparación de la intensidad de la luz dispersada por la muestra en condiciones definidas y la dispersada por una solución patrón de referencia en idénticas condiciones. Cuanto mayor sea la intensidad de la luz dispersada, más intensa es la turbidez. (Sierra Ramírez, 2011). Las lecturas son en términos de unidades de atenuación de formazina (FAU). Una FAU es equivalente a una Unidad Nefelométrica de Turbidez (NTU) de Formazina (HACH, 2009).

**Interferencias:**

- Burbujas de aire
- Color: si absorbe luz a 520 nm
- Extremas temperaturas: Puede interferir cambiando la turbidez de la muestra. Tratamiento: Analizar muestras tan pronto como sea posible después de la recolección. Analizar a la misma temperatura que la muestra original. (HACH, 2009).

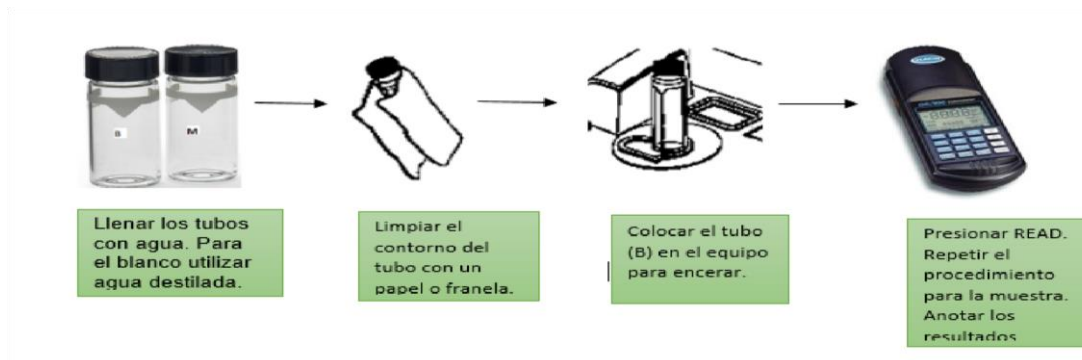
**Procedimiento:**

Figura N° 2: Determinación de la Turbiedad.

**Fuente:** (Las autoras).**2.3.2.3 Determinación del pH**

**Fundamento:** Método electrométrico, este método determina el pH, midiendo el potencial generado (en milivoltios). Para la determinación se utiliza un electrodo. El potenciómetro consiste en dos electrodos uno de los cuales tiene una membrana sensible a los iones  $[H_3O^+]$ , este potencial es comparado con un electrón de referencia, el cual genera un potencial constante e independiente del pH. Para el electrón de referencia se utiliza el calomel saturado con cloruro de potasio, el cual sirve como puente salino que permite el paso de milivoltios generados hacia el circuito de medición (Severiche Sierra, Castillo Bertel, & Acevedo Barrios, 2013).

Para evitar interferencias, se calibra primero el equipo.

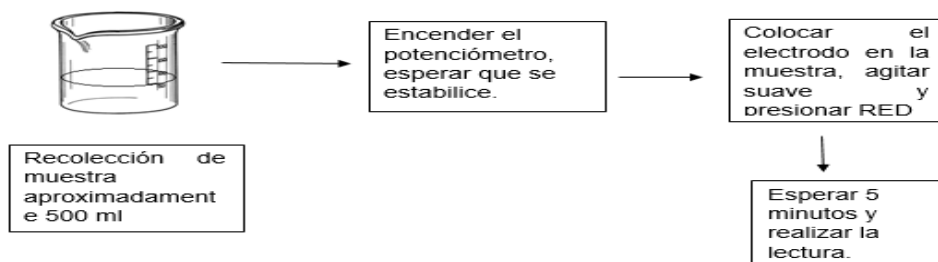
**Procedimiento:**

Figura N° 3: Determinación del pH

**Fuente:** (Las autoras).

#### 2.3.2.4 Determinación de la conductividad

**Fundamento:** Se determinó mediante la utilización de un conductímetro electrónico, el que genera una diferencia de voltaje entre dos electrodos sumergidos en agua. La caída en el voltaje debida a la resistencia del agua es utilizada para calcular la conductividad por centímetro (Goyenola, 2007).

##### Interferencias

- La exposición de la muestra al aire atmosférico, puede causar cambios en la conductividad debido a la pérdida o ganancia de gases disueltos, en especial el CO<sub>2</sub>. (Goyenola, 2007).
- Sustancias no disueltas o materiales que precipiten lentamente en la muestra, pueden causar ensuciamiento en la superficie de los electrodos y causar lecturas erróneas. (Goyenola, 2007).
- El ensuciamiento por sustancias orgánicas, bioensuciamiento y corrosión de los electrodos causan lecturas inestables o erróneas. (Goyenola, 2007).
- Actividad biológica presente en el agua. (Goyenola, 2007).

##### Procedimiento:

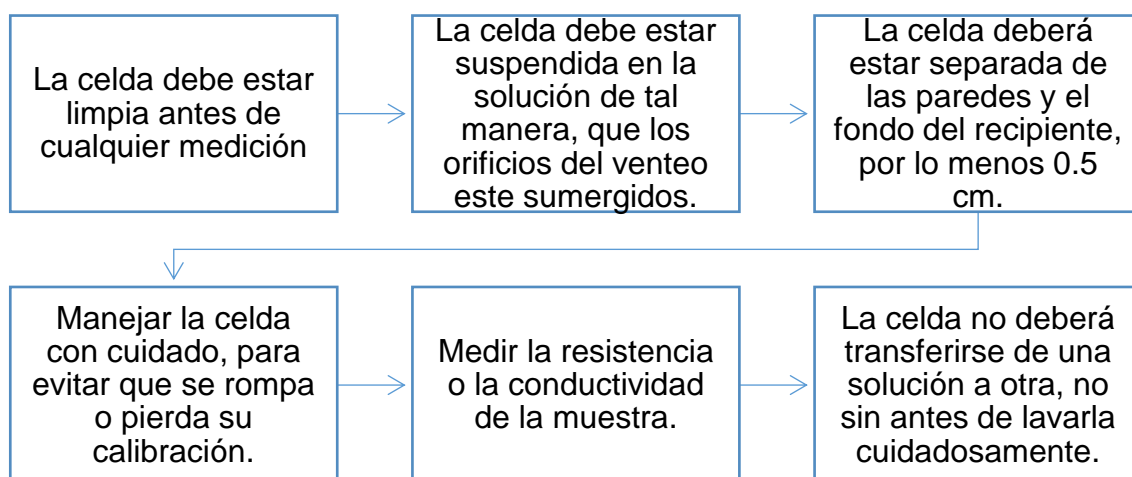


Figura N° 4: Determinación de la conductividad.

**Fuente:** (Las autoras).



### 2.3.2.5 Determinación de la alcalinidad

**Fundamento:** La muestra se valora con una solución de ácido mineral fuerte hasta pH 8.3 y 4.5. Estos puntos finales determinados visualmente mediante indicadores adecuados, son los puntos de equivalencia seleccionados para la determinación de los tres componentes fundamentales. El primer punto (pH 8.3) se determina usando como indicador fenolftaleína y se atribuye al gasto de titulante a la neutralización de los hidróxidos y la neutralización de la mitad de los carbonatos. El segundo punto (pH 4.5) se determina con el indicador anaranjado de metilo o con el indicador mixto compuesto de verde de bromocresol-rojo de metilo, el gasto de titulante corresponde al usado en la neutralización de los carbonatos a anhídrido carbónico (Severiche Sierra, Castillo Bertel, & Acevedo Barrios, 2013).

#### Cálculos:

$$\text{Alcalinidad Total } \frac{\text{mg}}{\text{l}} \text{ como } \text{CaCO}_3 = \frac{V_{H+Total} * N * \text{mEq CaCO}_3 * 1000 * 1000}{V_m \text{ (ml)}}$$

A= Alcalinidad: Capacidad de reaccionar con los iones hidrógenos, expresada en milimoles por litro, de la alcalinidad compuesta valorable a pH 8.3

$V_{H+TOTAL}$ = Es lo volumen en mililitros de ácido consumido, de la solución de ácido clorhídrico hasta alcanzar un pH 8.3

$N_{H+}$ = Es la concentración real del ácido clorhídrico utilizado para valoración, expresada en moles por litro.

$V_m$ = Corresponde al volumen de la porción de ensayo que generalmente es 100 ml (APHA, WEF, & AWWA, 1995).

## Procedimiento:

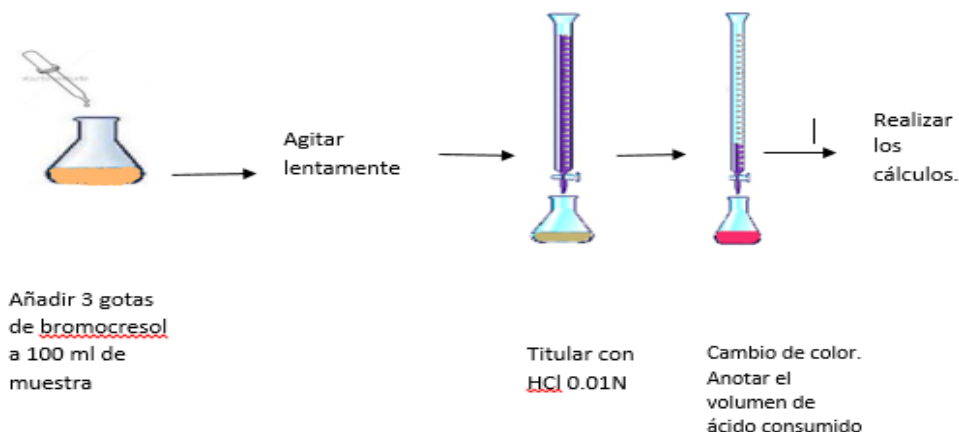


Figura N° 5: Determinación de la alcalinidad.

**Fuente:** (Las autoras).

### 2.3.2.6 Determinación de la dureza total

**Fundamento:** Método titulométrico, se basa en la capacidad que tiene la sal sódica del ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) para formar complejos de quelato solubles al añadirse a soluciones de algunos cationes metálicos. Al determinar la Dureza Total, el pH de la solución debe estar alrededor de 10, para lo cual se adiciona la solución tampón de dureza y como indicador el Negro de Eriocromo T, que causa una coloración rojo vino. La adición de EDTA como titulante acompleja los iones calcio y magnesio y en el punto final de la titulación, la solución vira a color azul (Severiche Sierra, Castillo Bertel, & Acevedo Barrios, 2013).

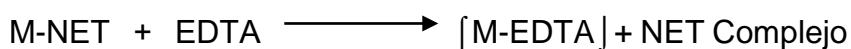
#### Reacción:



Complejo estable incoloro



Color azul (complejo vino tinto)



vino tinto                      pH 10      incoloro                      azul

(Rodriguez, 2010).

**Cálculos:**

$$\text{Dureza Total como mg CaCO}_3/\text{L} = \frac{V_{\text{EDTA}} * N_{\text{EDTA}} * m\text{EqCaCO}_3 * 1000 * 1000}{V_{\text{muestra}} (\text{ml})}$$

$V_{\text{EDTA}}$ = Volumen de solución de EDTA, consumido en la titulación en ml.

$N_{\text{EDTA}}$ = Normalidad de la solución de EDTA.

$V_{\text{m}}$ = Volumen de la muestra, en ml.

$m\text{Eq}$ = mili equivalente en gramos de calcio. (Severiche Sierra, Castillo Bertel, & Acevedo Barrios, 2013).

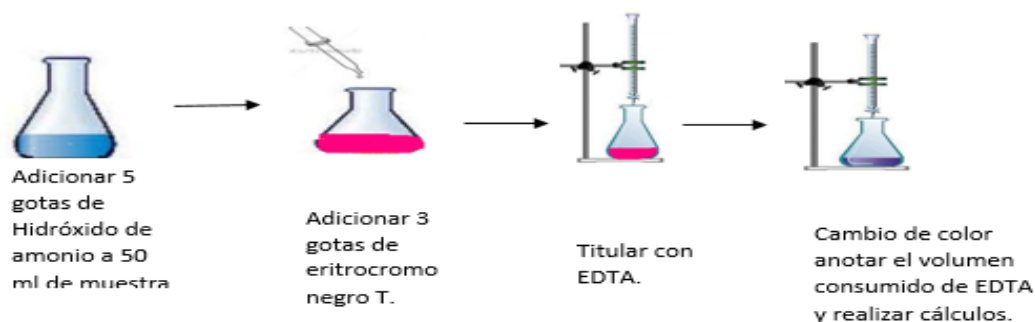
**Procedimiento:**

Figura N° 6: Determinación de la Dureza.

**Fuente:** (Las autoras).

**2.3.2.7 Determinación de cloro libre residual**

**Fundamento:** El cloro que está presente en la muestra como ácido hipocloroso o como ión hipoclorito (cloro libre o cloro libre disponible) reacciona inmediatamente con el indicador DPD (N, N-dietil-p-fenilendiamina) para formar un color magenta que es proporcional a la concentración de cloro (HACH, 2009).

**Reacción:**

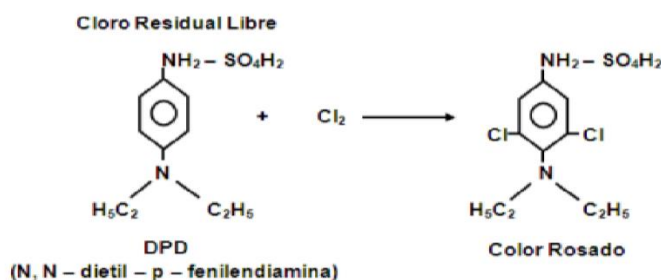


Imagen N°: 2: Reacción química del cloro libre residual.

**Fuente:** (J. & Gary W, 1999).

### Procedimiento:



Figura N° 7: Determinación del cloro libre residual.

**Fuente:** (Las autoras).

### 2.3.2.8 Determinación de Nitritos

**Fundamento:** El nitrito en la muestra reacciona con el ácido sulfanílico para formar una sal de diazonio intermedia. Este se acopla al ácido cromotrópico para producir un complejo de color rosa directamente proporcional a la cantidad de nitrito presente. (HACH, 2009).

#### Reacción química.

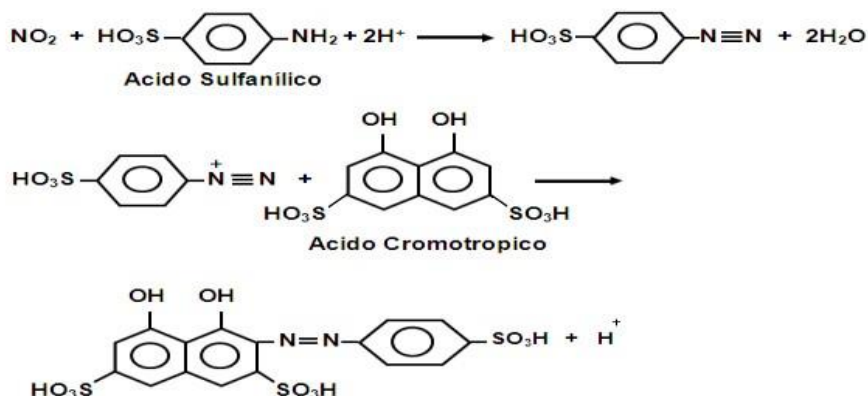


Imagen N° 3: Reacción Química de los Nitritos

**Fuente:** (Seyhan, 2000.)

### Procedimiento:



Figura N° 8: Determinación de nitritos.

**Fuente:** (Las autoras).

### 2.3.2.9 Determinación de Nitratos

**Fundamento:** El cadmio metálico reduce a nitritos los nitratos de la muestra. El ión de nitrito reacciona en un medio ácido con el ácido sulfanílico para formar una sal intermedia de diazonio. Esta sal se une al ácido gentísico para formar un producto de color ámbar (HACH, 2009).

### Reacción Química

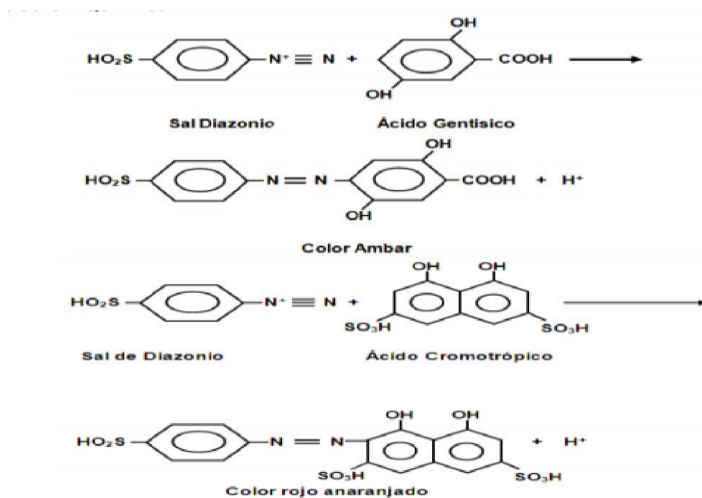


Imagen N° 4: Reacción química del nitrato.

Fuente: (Beltrán, 1990).

### Interferencias:

- Sustancias fuertemente reductoras y oxidantes.
- Hierro férrico.
- Cloruro superiores a 100 mg/L. (HACH, 2009).

### Procedimiento:



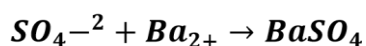
Figura N° 9: Determinación de los nitratos.

Fuente: (Las autoras).

### 2.3.2.10 Determinación de sulfatos

**Fundamento:** Los iones de sulfato en la muestra reaccionan con el bario en el reactivo de sulfato SulfaVer 4 y forman una turbidez de sulfato de bario insoluble. La cantidad de turbidez formada es proporcional a la concentración de sulfato. (HACH, 2009).

**Reacción:**



Color Turbio /insoluble.

**Fuente:** (Cárdenas, 2005)

**Interferencias.**

- Consumo de reactivo por presencia de carbonatos, esta interferencia se puede eliminar con adición de ácido.
- Puede afectar el color y la turbidez lo que puede eliminarse por filtración y centrifugación respectivamente (HACH, 2009).

**Procedimiento:**



Figura N° 10: Determinación de lo sulfatos.

**Fuente:** (Las autoras).

### 2.3.3 Análisis Microbiológico

Las muestras fueron recolectadas del grifo previamente desinfectado y transcurrido los 2 minutos (de espera) en envases de plásticos estériles. Para la recolección de muestras de agua potable se añadió 0.1 ml de tiosulfato de sodio al 1.8%, cuya finalidad es neutralizar el cloro residual presente. Para el

transporte de las muestras, se utilizó una caja hermética y, fundas de hielo para preservar la muestra durante el traslado al laboratorio (FNS, 2013).

**Proceso de recolección de la muestra para análisis microbiológico.**



Figura N° 11: Proceso de recolección de la muestra.

**Fuente:** (Las autoras).

### 2.3.3.1 Determinación de Coliformes Fecales y Totales

**Fundamento:** La técnica de los tubos múltiples, en la cual volúmenes decrecientes de la muestra (diluciones decimales consecutivas) son inoculados en un medio de cultivo adecuado. La combinación de resultados positivos y negativos son usados en la determinación del NMP.

El método consta de tres etapas: Prueba Presuntiva, Prueba Confirmativa, y prueba Complementaria (FNS, 2013).

**Prueba Presuntiva:** Se lleva a cabo con una serie de tubos que contiene Lauril Sulfato (LST) que es un medio selectivo que inhibe el desarrollo de la flora acompañante, para evidenciar producción de gas se utiliza las campanas Durham, los nutrientes proporcionados por este medio permiten un rápido crecimiento y desarrollo de los microorganismos fermentables de la lactosa, aun de los fermentadores lentos (Camacho, Giles, Ortegón, Serrano, & Velázquez, 2009).



**Prueba Confirmatoria:** Consiste en transferir todos los tubos positivos de la prueba presuntiva a tubos conteniendo de Lactosa Bilis Verde Brillante (LBVB). La producción de gas es de 35°C después de las 24-48 horas constituyen en una prueba confirmativa positiva. Con esta prueba confirmativa se reduce la posibilidad de resultados falsos gas-positivos que puede ocurrir por la actividad metabólica de los organismos formadores de esporas o por la producción sinérgica de gas debido a que algunas cepas bacterianas no pueden, individualmente producirlo a partir de la fermentación de la Lactosa (FNS, 2013).

**Determinación e identificación:** La determinación del número más probable del microorganismo coliformes fecales se realiza a partir de los tubos positivos de la prueba presuntiva y se fundamenta en la capacidad de las bacterias para fermentar la lactosa y producir gas cuando son incubados a una temperatura de 44°C  $\pm$  0.1°C por un periodo de 24-48 horas. Posteriormente se realiza las pruebas bioquímicas a las colonias típicas, indol, rojo de metilo, etc. (FNS, 2013). Para esta etapa se utiliza el medio SIM (sulfuro, indol, motilidad). Las cepas móviles pueden apreciarse en este medio, por la turbidez que producen alrededor de los puntos de siembra, mientras en aquellas cepas productoras de ácido sulfhídrico se distingue por la formación de un precipitado de sulfuro de hierro a partir de tiosulfato, siempre que el medio se mantenga a un pH mayor a 7.2. (FNS, 2013).

**Interferencias:**

- Presencia de cloro en los envases utilizados para la toma de la muestra.
- Contaminación de medios de cultivo.

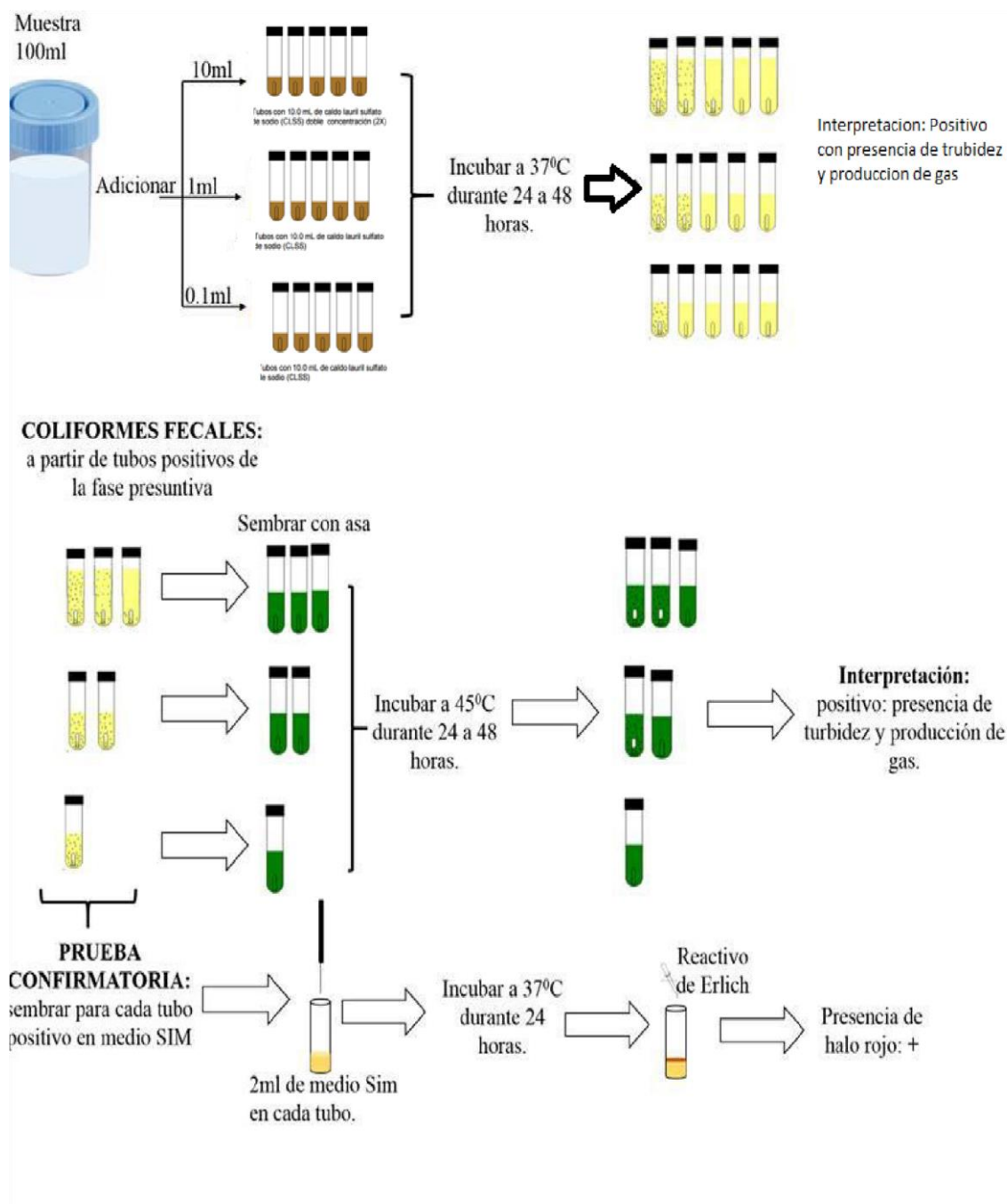


Figura N° 12: Siembra e Identificación de coliformes fecales y totales

**Fuente:** (Loja & Ocaña, 2016)

Interpretación de resultados: de acuerdo al número de tubos positivos verificar el código respectivo en la tabla del NMP. **(Anexo 3).**

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua potable de los Sectores de Leg Tabacay y Oriente Alto.

Los resultados generales de la medición de los parámetros físicos (color, turbiedad, pH, conductividad, alcalinidad, dureza total, nitritos, nitratos, sulfatos y cloro libre residual) y microbiológicos (coliformes totales) en el agua potable se presentan en la Tabla 4.

**Tabla 4: Resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos del agua potable de los Sectores de Leg Tabacay y Oriente Alto.**

	SECTOR LEG TABACAY				SECTOR ORIENTE ALTO			
	Media	±	DE	Mín-Máx	Media	±	DE	Mín-Máx
<b>Color</b>	1,44	±	0,5	1,25- 1,75	1,43	±	0,50	1-1,75
<b>pH</b>	7,10	±	0,12	7,01-7,13	7,13	±	0,17	7,08-7,19
<b>Turbiedad</b>	1,32	±	0,47	1,25- 1,38	1,38	±	0,43	1,25 –1,63
<b>Conductividad</b>	133,48	±	5,78	129 - 136	128,75	±	5,66	125,6- 136,6
<b>Alcalinidad</b>	24,46	±	0,35	24,1 – 24,8	24,3	±	0,35	25,2 - 25,5
<b>Dureza</b>	34,29	±	1,62	32-35,82	33,10	±	1,38	30,8 -35,31
<b>Cloro libre residual</b>	0,83	±	0,13	0,67-1,18	0,92	±	0,17	0,69 -1,00
<b>Sulfatos</b>	22,53	±	1,98	21,25-24,2	22,97	±	2,03	24,5 -24,63
<b>Nitritos</b>	0,01	±	0,01	0,00-0,01	0,01	±	0,01	0,00 -0,02
<b>Nitratos</b>	4,82	±	1,52	2,71 - 7,02	6,67	±	1,73	3,41 – 8,59
<b>Coliformes totales</b>	<2	±	0	<2	<2	±	0	<2

#### 4.2 Comparación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua potable, de los Sectores de Leg Tabacay y Oriente Alto de la Parroquia Bayas.

Se realizó una comparación para evaluar que tan equiparable es la calidad de agua en ambos sectores en función de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos analizados. Esta evaluación se realizó debido a que el agua potable es distribuida por diferentes submatrices. Los resultados de esta comparación se presentan en la tabla 5.

**Tabla 5: Resultados comparativos del agua potable que es distribuida en los sectores de Leg Tabacay y Oriente Alto de la ciudad de Azogues.**

	Media $\pm$ DE	Intervalo de Confianza	VALOR DE P
<b>Color</b>			
LEG TABACAY	1,44 $\pm$ 0,5	1,056 ; 1,824	0,967
ORIENTE ALTO	1,43 $\pm$ 0,5	1,046 ; 1,814	
<b>pH</b>			
LEG TABACAY	7,10 $\pm$ 0,12	7,007 ; 7,192	0,672
ORIENTE ALTO	7,13 $\pm$ 0,17	6,999 ; 7,260	
<b>Turbiedad</b>			
LEG TABACAY	1,32 $\pm$ 0,47	0,959 ; 1,681	0,781
ORIENTE ALTO	1,38 $\pm$ 0,43	1,049 ; 1,711	
<b>Conductividad</b>			
LEG TABACAY	133,48 $\pm$ 5,78	129,04 ; 137,92	0,985
ORIENTE ALTO	128,75 $\pm$ 5,66	124,40 ; 133,10	
<b>Alcalinidad</b>			
LEG TABACAY	24,46 $\pm$ 0,35	24,191 ; 24,729	0,377
ORIENTE ALTO	24,3 $\pm$ 0,35	24,031 ; 24,569	

**Dureza**

LEG TABACAY	34,29 ± 1,62	33,045; 35,535	0,114
ORIENTE ALTO	33,10 ± 1,38	32,039 ;34,161	

**Cloro libre residual**

LEG TABACAY	0,83 ± 0,13	0,730 ; 0,929	0,228
ORIENTE ALTO	0,92 ± 0,17	0,789 ; 1,050	

**Sulfatos**

LEG TABACAY	22,53 ± 1,98	21,010 ; 24,052	0,648
ORIENTE ALTO	22,97 ± 2,03	24,410; 24,530	

**Nitritos**

LEG TABACAY	0,01 ± 0,01	0,002 ; 0,017	1
ORIENTE ALTO	0,01 ± 0,01	0,002 ; 0,017	

**Nitratos**

LEG TABACAY	4,82 ± 1,52	3,652 ; 5,988	0,029
ORIENTE ALTO	6,67 ± 1,73	5,340 ; 8,000	

**Coliformes Totales**

LEG TABACAY	< 2 ± 0	0; < 2	< 2
ORIENTE ALTO	<2 ± 0	0; <2	

Para todos los parámetros estudiados, tanto físicoquímicos como microbiológicos no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $P > 0.05$ ) entre los 2 sectores analizados en cuanto a los valores obtenidos para evaluar la calidad del agua.

**4.3 Análisis de los resultados en función de series de tiempo.**

Se realizó una construcción de grafica de series de tiempo para evaluar los resultados obtenidos durante las 8 semanas de muestreo. Esta evaluación se realizó para determinar el comportamiento de datos en el transcurso del tiempo y así comparar los resultados obtenidos de los dos sectores de estudio.

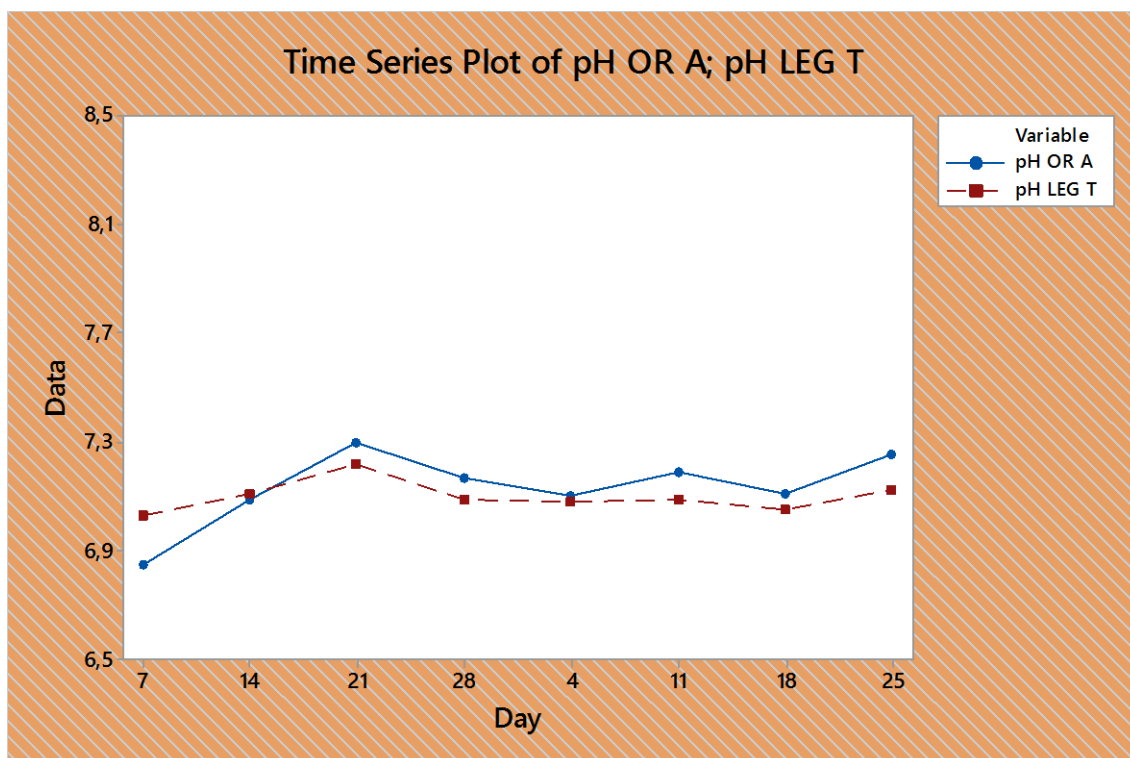


Figura N° 13: Valores promedio del pH en función del tiempo.

En la figura 13 se observa que no existen variaciones significativas en los valores de pH obtenidos a lo largo de las semanas de muestreo. Así mismo los demás parámetros muestran series de tiempo parecidas a esta gráfica. Corroborando que el agua distribuida tanto en el Sector Leg Tabacay y Oriente Alto permanece constante durante los dos meses de análisis demostrando de esta manera que el tratamiento del agua es adecuado y garantizando la calidad del mismo.

#### **4.4 Cumplimiento de los requisitos de potabilización del agua establecidos en la norma vigente del país.**

En la norma vigente del país se establecen parámetros físicos y químicos que el agua debe cumplir para ser destinada al consumo humano. En la Norma INEN 1108:2014, el límite permisible respecto al color es de 15 U.C., turbiedad es de 5 NTU, cloro libre residual es de 0,3-1.5 mg/L, nitritos es de 3,0 mg/L y nitratos de 50 mg/L. El agua potable analizada que se distribuye hacia los sectores que formaron parte de este estudio presentó una media de: color de 1,44 U.C.,

turbiedad de 1,35 NTU, cloro libre residual de 0,88 mg/L, nitritos de 0,01 mg/L, y media de nitratos de 5,75 mg/L, por lo tanto cumplieron con este requisito.

En cuanto al pH, dureza total y sulfatos, son parámetros que no se contemplan en esta norma, por lo que se tomó como referencia la Norma INEN 1108:2006, y en cuanto a la alcalinidad y la conductividad se tomó como referencia normas internacionales. La norma INEN 1108:2006 establece como límites máximos permitidos de 6.5-8.5 para pH, 300 mg/L  $\text{CaCO}_3$  para dureza total, y 200 mg/L para sulfatos. Para la conductividad se establece un límite máximo de 400  $\mu\text{S}/\text{cm}$  de acuerdo a la NMX-AAA-093-SCFI-2000 y para la alcalinidad un límite máximo de 400 mg/ L  $\text{CaCO}_3$  según AYSA. Los resultados obtenidos del agua que es distribuida hacia los dos sectores cumplieron también con los requisitos establecidos en estas normativas.

Respecto a los parámetros microbiológicos, la NTE INEN 1008-2006 establece que por el método del NMP el recuento de coliformes totales y fecales debe ser  $< 2$  NMP/100 ml. Mediante este estudio se constató el cumplimiento de calidad del agua que es distribuida hacia los dos sectores de estudio, ante este requisito de la normativa.

Otros estudios respaldan la calidad de agua que proporciona la Planta de Tratamiento de Agua Potable de la Junta Parroquial de “Bayas”, que pertenecen a la ciudad de Azogues. Mediante un estudio de evaluación del año 2016 sobre la eficacia en los procesos de filtración rápida y lenta constataron la eficacia de los mismos asegurando que el agua que posteriormente será distribuida a los diferentes hogares es de calidad (Loja & Ocaña, 2016), además otro estudio realizado en el año 2017 sobre la evaluación de la calidad del agua en los diferentes procesos de tratamiento, se pudo constatar que el agua de la planta de tratamiento Bayas cumplía con los límites establecidos por la normativa nacional, sin embargo se indicó que en cierto momento del desarrollo del estudio existió deficiencia en el proceso de la cloración pues en la determinación del cloro libre residual se observó que los valores obtenidos eran bajos llegando incluso a ser nulos debido que solo se realizaba cloración en el agua proveniente

de la filtración rápida mientras el agua proveniente de la filtración lenta era dirigida directamente al tanque de almacenamiento para su posterior distribución, al comunicar al personal técnico quienes arreglaron inmediatamente el problema asegurando que la cloración sea eficiente y que de esta manera se garantice que el agua sea de calidad y apta para el consumo (Gutiérrez Sarmiento, 2017).

Por otro lado, en el municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa en Guatemala, se efectuó una caracterización y evaluación del sistema de distribución de agua potable, en donde se demostró o evidenció el incumplimiento de los requisitos establecidos en la normativa de ese país, atribuido a escasas de agua, conexiones ilegales, mal mantenimiento de la infraestructura, conexiones cruzadas, evidenciando la necesidad de control en los sistemas de distribución, con una gestión integrada de recursos hídricos y nuevas formas de infraestructuras y ampliación (Mena Enamorado, 2014).

En otro estudio realizado en la Junta administradora de agua potable Galtengulbut en el cantón Chambo, se realizó una evaluación microbiológica y fisicoquímica de la calidad del agua destinada para consumo humano, donde se observó que no todos los parámetros analizados cumplían con el límite permisible permitido, encontrándose que en la cuantificación de coliformes fecales y coliformes totales éstos estaban fuera de los límites máximos permisibles establecidos en la Norma Técnica Ecuatoriana 1108:2014, debido a que existía posibles fuentes de contaminación del agua con material agrícola o de pastoreo llevando a una contaminación del líquido vital, y al no existir un mantenimiento de limpieza y monitoreo adecuado de los tanques de vertientes, de tanques de almacenamiento indebidamente protegido en el sistema de distribución y cisternas domiciliarias por lo que no se controlaba este problema, otra causa que concluyeron es relacionado a la época de invierno donde es la época que el agua de las fuentes son más propensas a contaminación por arrastre de impurezas de las grandes corrientes, y por último debido a una desinfección inadecuada y construcciones insatisfactorias de las tuberías principales, la proximidad del alcantarillado a las tuberías de agua, válvulas de





alivio de aire, de vacío y de descarga indebidamente construidas, mantenidas o ubicadas, o presiones negativas en el sistema de distribución (Ramos Ilvis, 2016).

---

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 Conclusiones

El presente estudio se enfocó en la evaluación de la calidad del agua distribuida por la planta de tratamiento de Agua Potable de Bayas de la ciudad de Azogues. El estudio se basó en el análisis de parámetros fisicoquímicos (color, pH, turbiedad, alcalinidad, dureza total, conductividad, cloro libre residual, nitritos, nitratos, y sulfatos) y microbiológicos (coliformes totales). En base a los datos obtenidos se puede concluir que el agua potable distribuida hacia los sectores de Leg Tabacay y Oriente Alto presenta parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de calidad similar. Además los resultados obtenidos cumplen con las exigencias para el agua potable apta para el consumo humano según la normativa vigente.



## 4.2 Recomendaciones

La Planta de Tratamiento de Agua Potable de la Junta Parroquial Bayas es la planta que distribuye el agua a diez sectores que forman parte de esta parroquia, dentro de los cuales se encuentra el Sector de Leg Tabacay y Oriente Alto en la ciudad de Azogues.

Mediante este trabajo se constató que el agua potable que se distribuye a las diferentes viviendas de los Sectores de Leg Tabacay y Oriente Alto son equiparables y de buena calidad. Se recomienda realizar continuamente el análisis del agua que llega a los diferentes hogares para evidenciar las similitudes y diferencias en los sistemas de distribución y continuar con los controles periódicos de los parámetros analizados e incluir más de estos para una mejora continua.



## ABREVIATURAS

**COSUDE:** Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación.

**EDTA:** Ácido etilendiaminotetraacético.

**BGBL:** Caldo Bilis Verde Brillante.

**CLT:** Caldo Lactosa Triptosa.

**CV:** Coeficiente de variación.

**LBVB:** Lactosa Bilis Verde Brillante.

**DPD:** N, N-dietil-p-fenilendiamina.

**EPA o USEPA:** Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos.

**FNS:** Fundación Nacional de la Salud.

**INEN:** Instituto Ecuatoriano de Normalización.

**LMP:** Límite Máximo Permitido.

**NTE:** Norma Técnica Ecuatoriana.

**NMP:** Número Más Probable.

**OMS:** Organización Mundial de la Salud.

**ONU:** Organización de las Naciones Unidas.

**OPS:** Organización Panamericana de la Salud.

**SUNASS:** Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento.

**UC:** Unidades de Color.

**FAU:** Unidades de atenuación de formazina.

**NTU:** Unidades Nefelométricas de Turbidez.

---

## BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar Barajos, S. (Agosto de 2005). Fórmulas para el cálculo de la muestra. *Redalyc*, 11(1-2), 7. Recuperado el 8 de Marzo de 2017, de <http://www.redalyc.org/pdf/487/48711206.pdf>
- Araújo, F., Capella, M., & Moreno, C. (1999). *Calidad del Agua*, Ministerio de Desarrollo Económico. Colombia: SENA. Recuperado el 15 de Enero de 2017, de [http://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad\\_del\\_agua/index.html#](http://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad_del_agua/index.html#)
- AYSA, A. (2010). AYSA. Recuperado el 12 de Marzo de 2017, de Normas mínimas de calidad de agua producida y distribuida: [https://www.aysa.com.ar/Media/archivos/422/CAU\\_Normas\\_de\\_calidad\\_de\\_agua.pdf](https://www.aysa.com.ar/Media/archivos/422/CAU_Normas_de_calidad_de_agua.pdf)
- Camacho, A., Giles, M., Ortégón, A., Serrano, B., & Velázquez, O. (2009). *Técnicas para el análisis microbiológico de agua y alimentos*. Recuperado el 10 de Enero de 2017, de [http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/TecnicBasicas-Colif-tot-fecales-Ecoli-NMP\\_6529.pdf](http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/TecnicBasicas-Colif-tot-fecales-Ecoli-NMP_6529.pdf)
- Contreras, M. M. (9 de Mayo de 2001). *Espol*. Recuperado el 3 de Marzo de 2017, de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6164/11/turbiedad.pdf>
- Departamento de Salud de Aragon, C. d. (Octubre de 2005). *Salud y Medio Ambiente*. Recuperado el 16 de Enero de 2017, de [http://ecodes.org/archivo/proyectos/archivo-ecodes/boletin\\_SP/boletin40e1.html?numero=16](http://ecodes.org/archivo/proyectos/archivo-ecodes/boletin_SP/boletin40e1.html?numero=16)
- Doménech, X., & Peralta, J. (2006). *Química Ambiental de Sistemas Terrestres*. México: Reverté. Recuperado el 7 de Diciembre de 2016, de <https://books.google.com.ec/books?id=S4bjFOEXRzMC&pg=PA21&dq=propiedades+del+agua&hl=es&sa=X&sqi=2&ved=0ahUKEwjvpKqIttzMAhUBNSYKHRDODtEQ6AEILDAD#v=onepage&q=propiedades%20del%20agua&f=false>
- FNS, F. (2013). *Manual Práctico de Análisis del Agua*. (Cuarta Edición. ed.). Brasilia: Coordinación de Comunicación Social. Recuperado el 10 de Enero de 2017, de [http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files\\_mf/manualaguaespanholweb\\_2.pdf](http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manualaguaespanholweb_2.pdf)
- Fuentes, F., & Massol-Deya. (2002). *Parametros Físico-Químicos: Alcalinidad*. México: Instituto Politécnico Nacional. Recuperado el 10 de Diciembre de



- 2016, de <http://www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/p2-alcinidad.pdf>
- Goyenola, G. (1 de Junio de 2007). *Mas de Ciencia*. Obtenido de Red de Monitoreo Ambiental Participativo de Sistemas Acuáticos: [http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/propuestas/red/curso\\_2007/cartillas/tematicas/Conductividad.pdf](http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/propuestas/red/curso_2007/cartillas/tematicas/Conductividad.pdf)
- Gutiérrez Sarmiento, A. E. (Enero de 2017). *dspace, Universidad de cuenca*. Recuperado el 14 de Marzo de 2017, de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/26431/1/Trabajo%20de%20Tutualcion.pdf>
- Guzmán, B., & Norat, J. (20 de Abril de 2004). *Departamento de Salud Ambiental de Puerto Rico*. (U. d.-S. José, Ed.) Recuperado el 5 de Marzo de 2017, de Calidad Microbiológica de las aguas superficiales en la Bahía de Mayahuez y Añasco: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/puertorico/lx.pdf>
- HACH, C. (2009). *Procedures Manual* (Tercera Edición. ed.). Loveland, Colorado, Estados Unidos: HACH Company.
- Harris, D. C. (2007). *Análisis Químico Cuantitativo*. España: Reverté. Recuperado el 29 de Enero de 2017, de [https://books.google.com.ec/books?id=H-\\_8vZYdL70C&pg=PA328&dq=pH+del+agua&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiJ5uX0rOjRAhUJWCYKHduoAOwQ6AEITAA#v=onepage&q=pH%20del%20agua&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=H-_8vZYdL70C&pg=PA328&dq=pH+del+agua&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiJ5uX0rOjRAhUJWCYKHduoAOwQ6AEITAA#v=onepage&q=pH%20del%20agua&f=false)
- INEN, I. (2006). *INEN*. Recuperado el 12 de Marzo de 2017, de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/10608/8/Norma%20Inen%20Agua1108-2.pdf>
- INEN, I. E. (2014). *INEN*. Recuperado el 7 de Diciembre de 2016, de <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.1108.2012.pdf>
- Lampoglia, T., Agüero, R., & Barrios, C. (2008). *Orientaciones sobre el agua y saneamiento para zonas rurales*. Recuperado el 29 de Enero de 2017, de Guía de orientación en saneamiento básico para alcaldes y alcadesas de municipios rurales y pequeñas comunidades.: [http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/d21/019\\_SER\\_OrientacionesA&Szonasrurales/Orientaciones%20sobre%20A&S%20para%20zonas%20rurales.pdf](http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/d21/019_SER_OrientacionesA&Szonasrurales/Orientaciones%20sobre%20A&S%20para%20zonas%20rurales.pdf)
- Lenntech. (2006). *Potable Water*. Holanda : Holding B.V. Recuperado el 5 de Diciembre de 2016, de [http://www.infoiarna.org.gt/guateagua/subtemas/3/3\\_Calidad\\_del\\_agua.pdf](http://www.infoiarna.org.gt/guateagua/subtemas/3/3_Calidad_del_agua.pdf)



- Loja, E. A., & Ocaña, M. (2016). *Evaluación de la eficacia de los filtros de proceso de filtración lenta y filtración rápida en la potabilización de agua de la Junta Regional Bayas*. Recuperado el 10 de Enero de 2017, de [http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Analisis\\_Agua\\_NMP\\_22309.pdf](http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Analisis_Agua_NMP_22309.pdf)
- Marín Galvín, R. (2003). *Fisicoquímica y Microbiológica del agua. Tratamiento y Control de calidad de aguas*. Madrid: Díaz de Santos. Recuperado el 5 de Marzo de 2017, de <https://books.google.com.ec/books?id=k8blixwJzYUC&pg=PA114&dq=indicadores+microbiologicos+de+la+calidad+del+agua&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwi-yZO93MDSAhVKKyYKHQXDD1cQ6AEIHTAB#v=onepage&q=indicadores%20microbiologicos%20de%20la%20calidad%20del%20agua&f=false>
- Marín Galvín, R., & Marín Galvín, R. (2000). *Fisicoquímica de Aguas*. Madrid: Díaz Santos. Recuperado el 29 de Enero de 2017, de <https://books.google.com.ec/books?id=0gt-ra9MHHwC&pg=PA26&dq=conductividad+del+agua&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwibtYL2q-jRAhUFRIYKHbsWBsEQ6AEIGDAA#v=onepage&q=conductividad%20del%20agua&f=false>
- Martínez Márquez, E. (2006). *Química II*. México: Cengage Learning. Recuperado el 8 de Diciembre de 2016, de <https://books.google.com.ec/books?id=OlyVxl7yh2YC&pg=PA77&dq=el+agua+propiedades&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwi76oCunvHOAhWCGB4KHfLoDiE4ChDoAQgrMAM#v=onepage&q=el%20agua%20propiedades&f=false>
- Mejía, M. (2005). *Análisis de la calidad del agua para consumo humano*. Obtenido de Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A0602e/A0602e.pdf>
- Mena Enamorado, J. R. (Marzo de 2014). *Universidad Rafael Landívar*. Recuperado el 15 de Marzo de 2017, de Caracterización y evaluación del sistema de distribución del agua potable de un casco urbano del municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa: <http://icc.org.gt/wp-content/uploads/2016/01/Mena-Josue.pdf>
- Montesdeoca Batallas, C. (2010). *IDUQUIM*. Recuperado el 3 de Marzo de 2017, de <http://induquimgonveg.com/files/DeterminaciondeCloroResidualyCloroTotal.pdf>
- NMX, N. A.-0.-S.-2. (22 de Febrero de 2000). *Análisis del agua- Determinación de la Conductividad Electrolítica*. Recuperado el 3 de Marzo de 2017, de

- [http://lasa.ciga.unam.mx/monitoreo/images/biblioteca/46%20NMX-AA-093-SCFI-2000\\_Conductividad.pdf](http://lasa.ciga.unam.mx/monitoreo/images/biblioteca/46%20NMX-AA-093-SCFI-2000_Conductividad.pdf)
- OMS. (2015). *Las Guías: un marco para la seguridad del agua de consumo*. Obtenido de OMS: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq3\\_es\\_2\\_fig.pdf?ua=1](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_2_fig.pdf?ua=1)
- OMS, O. (2010). *Water and public health*. Suiza-Ginebra: Publicaciones de la Salud. Recuperado el 27 de Noviembre de 2016, de Introduction: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/S01.pdf?ua=1](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/S01.pdf?ua=1)
- ONU, N. (2015). *Decenio Internacional para la acción "El agua fuente de vida"*. Obtenido de Naciones Unidas: <http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/quality.shtml>
- OPS, O., & COSUDE, A. (2007). *Guía para mejorar la Calidad del Agua: Ámbito Rural y pequeñas ciudades*. Recuperado el 15 de Enero de 2017, de <http://www.bvsde.ops-oms.org/tecapro/documentos/agua/guiacalidadaguarural.pdf>
- Ramos Ilvis, A. E. (2016). *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo*. Recuperado el 15 de Marzo de 2017, de Evaluación microbiológica y fisicoquímica de la calidad del agua para consumo humano de la Junta Administradora de Agua Potable Galtenguilbut ubicada en el cantón Chambo.: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/4913/1/56T00622%20UDCTFC.pdf>
- RED, M. (Junio de 2007). *Guía para la utilización de las Valijas Viajeras*. Recuperado el 29 de Enero de 2017, de [http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/propuestas/red/curso\\_2007/cartillas/tematicas/alcalinidad.pdf](http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/propuestas/red/curso_2007/cartillas/tematicas/alcalinidad.pdf)
- REINOSO, J. (2010). *ESTUDIO SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE DEL CANTÓN GUALAQUIZA*. Obtenido de [dspace.ucuenca.edu.ec](http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/2589/1/tm4362.pdf): <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/2589/1/tm4362.pdf>
- Robert Pullés., M. (30 de Octubre de 2013). Microorganismos indicadores de la calidad del agua potable en Cuba. *CENIC*, 45, 25-36. Recuperado el 5 de Marzo de 2017, de <http://www.redalyc.org/pdf/1812/181230079005.pdf>
- Rodriguez, R. (2010). *Universidad Tecnológica Nacional*. Recuperado el 29 de Enero de 2017, de [http://www.edutecne.utn.edu.ar/agua/dureza\\_agua.pdf](http://www.edutecne.utn.edu.ar/agua/dureza_agua.pdf)
- Romero Rojas, J. A. (2002). *Calidad del Agua*. Bogotá: Nomos. S.A. Recuperado el 7 de Diciembre de 2016






- Ronald, G. (2001). *Química* (Vol. Segundo.). España: Reverté. Recuperado el 29 de Enero de 2017, de <https://books.google.com.ec/books?id=dIGugYOOwxQC&pg=PA655&dq=pH+del+agua&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiJ5uX0rOjRAhUJWCYKHduoAOwQ6AEIJzAB#v=onepage&q=pH%20del%20agua&f=false>
- Ryczel, M. E. (24 de Enero de 2006). *Presencia en el agua de nitritos y nitratos y su impacto en la salud*. Recuperado el 3 de Marzo de 2017, de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd63/presencia.pdf>
- Salud, F. N. (2013). *Manual Práctico de Análisis de Aguas*. Obtenido de funasa.gov: [http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files\\_mf/manualaguaespanholweb\\_2.pdf](http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manualaguaespanholweb_2.pdf)
- Sanabrina, A., Fonseca, M., & Cotes, A. (2010). *Mecanismos e instrumentos para la Calidad del Agua*. Recuperado el 15 de Enero de 2017, de [http://lasa.ciga.unam.mx/monitoreo/images/biblioteca/29%20mecanismos\\_monitoreo\\_calidad\\_agua.pdf](http://lasa.ciga.unam.mx/monitoreo/images/biblioteca/29%20mecanismos_monitoreo_calidad_agua.pdf)
- SENA, S. (1990). *Programa de Capacitación y Certificación del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico*. Cuenca: SENA Publicaciones. Recuperado el 3 de Marzo de 2017, de [http://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad\\_del\\_agua/index.html#](http://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad_del_agua/index.html#)
- Sierra Ramírez, C. A. (2011). *Calidad del Agua: Evaluación y Diagnóstico*. Medellín-Colombia: Ediciones de la U: Conocimiento a su alcance. Recuperado el 14 de Noviembre de 2016, de <https://es.scribd.com/doc/165648643/Evaluacion-de-la-calidad-del-Agua>
- Sosa, F. (2008). *Enfermedades causadas por aguas contaminadas*. Obtenido de wordpress.com: <https://sosafernanda134096.wordpress.com/2008/06/06/enfermedades-causadas-por-aguas-contaminadas/>
- SUNASS, S. S. (2010). *Cibdimena*. Recuperado el 5 de Diciembre de 2016, de [http://cidbimena.desastres.hn/docum/crid/CD\\_Agua/pdf/spa/doc14595/doc14595-contenido.pdf](http://cidbimena.desastres.hn/docum/crid/CD_Agua/pdf/spa/doc14595/doc14595-contenido.pdf)
- Vargas Garía, C., Rojas Vargas, R., & Joseli Cajas, J. (2000). *Control y Vigilancia de la Calidad de Agua de Consumo Humano*. Recuperado el 15 de Enero de 2017, de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/e/cd-cagua/ref/text/09.pdf>
- W. , A. S., & Bauder , J. (15 de 11 de 2012). *Universidad Estatal de Montana*. Recuperado el 3 de Marzo de 2017, de [http://region8water.colostate.edu/PDFs/we\\_espanol/Nitrate%202012-11-15-SP.pdf](http://region8water.colostate.edu/PDFs/we_espanol/Nitrate%202012-11-15-SP.pdf)



Weber J, W. (2003). *Control de la Calidad del Agua: Procesos Fisico-Quimicos*. México: Reverté. Recuperado el 10 de Diciembre de 2016, de [https://books.google.com.ec/books?id=TLpzh5HqYvgC&pg=PA453&dq=cloro+libre+residual&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwil2\\_vwmevQAhXM7yYKHbWhCCoQ6AEIHTAB#v=onepage&q=cloro%20libre%20residual&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=TLpzh5HqYvgC&pg=PA453&dq=cloro+libre+residual&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwil2_vwmevQAhXM7yYKHbWhCCoQ6AEIHTAB#v=onepage&q=cloro%20libre%20residual&f=false)

## ANEXOS

### Anexo 1: Ficha de registro de muestras.

		<b>FICHA TÉCNICA PUNTO DE TOMA</b>	
Nombre:		Código:	
Fecha:		Hora:	
Empresa Prestadora del Servicio:			
Datos de la muestra:			
Superficial			
Pozo			
Consumo			
Dispensador			
Lugar Físico: (X)			
Sistema Colector			
Manguera			
Grifo			
Balde de plástico			
Jarro metálico			
LOCALIZACIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO.			
Sector:			
Registro Fotográfico:			

**Fuente: (Las autoras).**

## ANEXO 2: Preparación de reactivos

### CALDO LST.

#### Fundamento

Medio rico en nutrientes, que permite un rápido desarrollo de los microorganismos fermentadores de la lactosa, aún de los fermentadores lentos. La triptosa es la fuente de nitrógeno, vitaminas, minerales y aminoácidos, la lactosa es el hidrato de carbono fermentable, las sales de fosfato proveen un sistema buffer, y el cloruro de sodio mantiene el balance osmótico. Es un medio selectivo, ya que el lauril sulfato de sodio inhibe el desarrollo de la flora acompañante.

Por la fermentación de la lactosa, se produce ácido y gas, éste último se evidencia al utilizar las campanas Durham.

Fórmula (en gramos por litro)		Instrucciones
Triptosa	20.0	Suspender 35,6 g del polvo en 1 litro de agua destilada. Dejar reposar 5 minutos. Calentar a ebullición hasta la disolución total.
Lactosa	5.0	
Cloruro de sodio	5.0	
Lauril sulfato de sodio	0.1	
Fosfato dipotásico	2.75	Distribuir en tubos conteniendo tubos de fermentación. Esterilizar en autoclave durante 15 minutos a 121°C.
Fosfato monopotásico	2.75	
pH final: 6.8 ± 0.2		

#### Siembra

Para recuento de coliformes totales, técnica del Número Más Probable:

a.- Para el análisis de muestras fluidas como el agua, sembrar por triplicado: 10 ml en caldo doble concentración y 1 ml y 0,1 ml en caldo simple concentración.

Número de tubos	Volumen de la muestra	Volumen de medio	Concentración del medio
3	10 ml	10 ml	Doble
3	1 ml	10 ml	Simple
3	0.1 ml	10 ml	Simple

b.- Para muestras sólidas (alimentos, cosméticos, fármacos), efectuar diluciones seriadas  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$  y  $10^{-3}$  y sembrar cada dilución por triplicado en medio de cultivo simple concentración.

Número de tubos	Dilución de la muestra	Volumen de la muestra	Volumen de medio	Concentración del medio
3	$10^{-1}$	1 ml	10 ml	Simple
3	$10^{-2}$	1 ml	10 ml	Simple
3	$10^{-3}$	1 ml	10 ml	Simple

### Incubación

Incubar los tubos 24-48 horas a 35-37 °C.

### Resultados

Considerar como positivos aquellos tubos que presentan gas.

### Anexo 3: Tabla del número más probable para interpretación de resultados

Combinación de positivos.	Índice NMP/100 ml	Límites de confianza 95%		Combinación de positivos.	Índice NMP/100 ml	Límites de confianza 95%	
		Inferior r	Superior r			Inferior r	Superior r
0-0-0	< 1.1	---	---	4-2-0	22	9.0	56
0-0-1	2	1.0	10	4-2-1	26	12	65
0-1-0	2	1.0	10	4-3-0	27	12	67
0-2-0	4	1.0	13	4-3-1	33	15	77
				4-4-0	34	16	80
1-0-0	2	1.0	11	5-0-0	23	9.0	86
1-0-1	4	1.0	15	5-0-1	30	10	110
1-1-0	4	1.0	15	5-0-2	40	20	140
1-1-1	6	2.0	18	5-1-0	30	10	120
1-2-0	6	2.0	18	5-1-1	50	20	150
				5-1-2	60	30	180
2-0-0	4	1.0	17	5-2-0	50	20	170
2-0-1	7	2.0	20	5-2-1	70	30	210
2-1-0	7	2.0	21	5-2-2	90	40	250
2-1-1	9	3.0	24	5-3-0	80	30	250
2-2-0	9	3.0	25	5-3-1	110	40	300
2-3-0	12	5.0	29	5-3-2	140	60	360
3-0-0	8	3.0	24	5-3-3	170	80	410
3-0-1	11	4.0	29	5-4-0	130	50	390
3-1-0	11	4.0	29	5-4-1	170	70	480
3-1-1	14	6.0	35	5-4-2	220	100	580
3-2-0	14	6.0	35	5-4-3	280	120	690
3-2-1	17	7.0	40	5-4-4	350	160	820
4-0-0	13	5.0	38	5-5-0	240	100	940
4-0-1	17	7.0	45	5-5-1	300	100	1300
4-1-0	17	7.0	46	5-5-2	500	200	2000
4-1-1	21	9.0	55	5-5-3	900	300	2900
4-1-2	26	12	63	5-5-4	1600	600	5300
				5-5-5	≥ 1600	---	---



## Anexo 4: Fotografías

### Lugares de toma de muestra

Sector Oriente Alto	Sector Leg Tabacay
	

Toma de Muestra	
Fisicoquímico	Microbiológico
	

### Materiales usados en análisis

<p>. Turbidímetro, marca HACH, modelo 2100 P. Fuente: Cortesía del Laboratorio de Bayas.</p>	<p>pH- metro, marca BOECO, modelo BT-600 Fuente: Cortesía del laboratorio de Balzain</p>
	





Colorímetro Handbook, marca HACH, modelo 890.  
Fuente: Cortesía del laboratorio de Bayas.



Tubos múltiples

#### Dureza Total



Ilustración 4. Reactivos para Dureza Total.

#### Alcalinidad



Ilustración 5. Reactivos para Alcalinidad.



Ilustración 6. Método titulométrico con EDTA: Dureza total.



Ilustración 7. Método de titulación. Alcalinidad.



Fuente: Propiedad de las autoras.



*Ilustración 8. Cloro libre.*



*Ilustración 9. Sulfatos.*



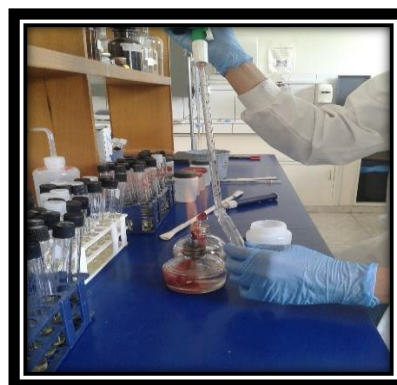
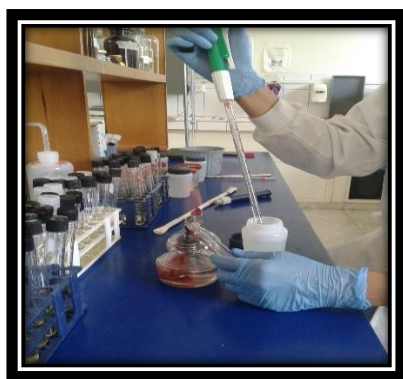
*Ilustración 10. Nitratos.*



*Ilustración 11. Nitritos.*

Fuente: Propiedad de las autoras.

#### ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO.



**Siembra de muestras.**

**Fuente: Propiedad de las autoras.**

**Anexo 5: Tabla de los resultados de los análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de ambos sectores.**

[illegible]



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

PARÁMETROS	SEMANA 2 (14/11/2016)																	
	SECTOR ORIENTE ALTO									SECTOR LEG TABACAY								
	FP	FQ	FPZ	FC	FO	FI	FQT	FM	FV	FB	FME	FMA	ILEG	FBU	FR	FVE	FS	FU
Color (U.C.)	1	2	1	2	1	1	2	1	1	2	2	1	1	1	1	1	2	2
pH	7.2	7.2	6.9	6.8	7.2	7	7.2	7.1	7.2	6.9	7.2	7.3	7.1	7.1	7.2	7.1	7	7.1
Turbiedad (N.T.U)	2	1	1	1	1	2	2	1	1	1	2	1	2	1	2	1	1	1
Conductividad (µS/cm)	127.8	120.7	132	134.7	122.5	133.8	134.3	133.8	138.6	131.9	130.8	133.3	131.9	131	133.2	136.3	133	135.4
Dureza mg/L CaCO <sub>3</sub>	32.8	29.6	33.6	35.2	34.4	33.76	32	33.6	31.84	35.8	35.5	35.2	35.2	32	36.6	35.8	32	31.6
Alcalinidad mg/L CaCO <sub>3</sub>	26	25.96	25.6	25.52	25.04	25.68	25.2	25.2	24.8	24.9	24.4	24.6	24.5	24.1	24.4	25	25	24.5
Cloro Libre Residual mg/L	0.88	0.96	0.82	0.8	0.96	0.71	0.75	0.81	0.7	0.88	0.96	0.82	0.8	0.96	0.71	0.75	0.81	0.7
Sulfatos mg/L	25	25	27	22	26	27	26	21	24	22	24	22	20	20	20	24	22	20
Nitrito mg/L	0	0.003	0	0.003	0.004	0.007	0.015	0.011	0.022	0.003	0.05	0.001	0.02	0.01	0.007	0.02	0.01	0.001
Nitratos mg/L	3.4	5	6.8	9	7	7.5	6.4	5.5	7.5	3.6	6.5	5.6	6.8	3.44	3.8	5.1	4.2	2.5
Coliformes Totales NMP/100 ml	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

PARÁMETROS	SEMANA 3 (21/11/2016)																	
	SECTOR ORIENTE ALTO									SECTOR LEG TABACAY								
	FP	FQ	FPZ	FC	FO	FI	FQT	FM	FV	FB	FME	FMA	ILEG	FBU	FR	FVE	FS	FU
Color (U.C.)	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	2	1
pH	7.4	7.2	7.2	7.4	7.4	7.3	7.3	7.2	7.3	7.3	7.3	7.2	7.3	7.2	7.2	7.1	7.2	7.2
Turbiedad (N.T.U)	1	2	1	2	1	2	1	1	1	2	1	2	1	1	2	1	2	1
Conductividad (µS/cm)	123.3	123	135.9	125.3	120.1	127	127.5	129.8	135.9	130.4	130.6	132.4	131.5	134	133	136.7	131	136.7
Dureza mg/L CaCO <sub>3</sub>	32.64	30.88	33.28	35.2	33.76	34.4	32.8	33.6	31.84	34.5	35.6	35.6	35.18	32	36.16	35.2	32.6	32
Alcalinidad mg/L CaCO <sub>3</sub>	25.68	25.1	24.8	25	24.8	25.64	25.04	25.08	25.6	24.8	24.6	24.4	24.4	24.8	24.84	24.92	24	24.6
Cloro Libre Residual mg/L	0.92	0.9	0.85	0.94	0.98	0.64	0.73	0.81	0.73	0.92	0.9	0.85	0.94	0.98	0.64	0.72	0.81	0.73
Sulfatos mg/L	20	21	25	23	21	24	25	25	24	25	24	20	24	24	21	26	20	24
Nitrito mg/L	0	0.01	0	0.001	0.001	0.014	0.08	0.002	0.001	0.02	0.007	0.005	0.004	0.01	0.005	0.005	0.04	0.007
Nitratos mg/L	3	3.2	7.4	9.2	7.9	7.1	8	5.9	7.1	3.8	6.6	6.0	6.0	5.55	3.4	3.8	5.2	3.64
Coliformes Totales NMP/100 ml	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

PARÁMETROS	SEMANA 4 (28/11/2016)																	
	SECTOR ORIENTE ALTO									SECTOR LEG TABACAY								
	FP	FQ	FPZ	FC	FO	FI	FQT	FM	FV	FB	FME	FMA	ILEG	FBU	FR	FVE	FS	FU
Color (U.C.)	1	2	1	1	1	2	2	1	2	1	1	1	1	2	1	2	1	2
pH	7.3	7.2	7.2	7.2	7.1	7.2	7	7.1	7.2	7.3	7.2	7	7.2	7	6.9	7	7.2	7
Turbiedad (N.T.U)	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	2	1	2
Conductividad (µS/cm)	123.2	136.2	135.1	127.9	135.7	123.4	121.6	132	135.1	130	133.6	132.1	132	134	131.2	136	132	136
Dureza mg/L CaCO <sub>3</sub>	32.48	30.24	33.92	35.36	33.62	33.4	34	32	33.76	34.72	35.04	35.52	35.2	32	35.84	35.68	32	32
Alcalinidad mg/L CaCO <sub>3</sub>	25.32	24.96	25.6	24.96	25.2	25.32	25.16	25.04	25.08	24.64	24	24.44	24.8	24.3	24.08	24.8	24.4	24.6
Cloro Libre Residual mg/L	0.94	0.94	0.93	0.9	1.03	0.79	0.63	0.81	0.87	0.94	1.04	0.82	0.9	1.03	0.79	0.63	0.81	0.69
Sulfatos mg/L	22	22	26	21	21	20	24	23	26	26	21	24	20	25	22	22	20	25
Nitrito mg/L	0	0.002	0.004	0	0.001	0.015	0.015	0.004	0.001	0.015	0.004	0.007	0.009	0.01	0.002	0.001	0.01	0.005
Nitratos mg/L	3.2	4.5	7.2	8.1	8.2	7.6	7.2	5.7	8	4	7.2	7	5.6	5.9	5.2	3.2	5.7	4.8
Coliformes Totales NMP/100 ml	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

PARÁMETROS	SEMANA 5 (28/11/2016)																	
	SECTOR ORIENTE ALTO									SECTOR LEG TABACAY								
	FP	FQ	FPZ	FC	FO	FI	FQT	FM	FV	FB	FME	FMA	ILEG	FBU	FR	FVE	FS	FU
Color (U.C.)	1	2	1	1	1	2	2	1	2	1	1	1	1	2	1	2	1	2
pH	7.3	7.2	7.2	7.2	7.1	7.2	7	7.1	7.2	7.3	7.2	7	7.2	7	6.9	7	7.2	7
Turbiedad (N.T.U)	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	2	1	2
Conductividad (µS/cm)	123.2	136.2	135.1	127.9	135.7	123.4	121.6	132	135.1	130	133.6	132.1	132	134	131.2	136	132	136
Dureza mg/L CaCO <sub>3</sub>	32.48	30.24	33.92	35.36	33.62	33.4	34	32	33.76	34.72	35.04	35.52	35.2	32	35.84	35.68	32	32
Alcalinidad mg/L CaCO <sub>3</sub>	25.32	24.96	25.6	24.96	25.2	25.32	25.16	25.04	25.08	24.64	24	24.44	24.8	24.3	24.08	24.8	24.4	24.6
Cloro Libre Residual mg/L	0.94	0.94	0.93	0.9	1.03	0.79	0.63	0.81	0.87	0.94	1.04	0.82	0.9	1.03	0.79	0.63	0.81	0.69
Sulfatos mg/L	22	22	26	21	21	20	24	23	26	26	21	24	20	25	22	22	20	25
Nitrito mg/L	0	0.002	0.004	0	0.001	0.015	0.015	0.004	0.001	0.015	0.004	0.007	0.009	0.01	0.002	0.001	0.01	0.005
Nitratos mg/L	3.2	4.5	7.2	8.1	8.2	7.6	7.2	5.7	8	4	7.2	7	5.6	5.9	5.2	3.2	5.7	4.8
Coliformes Totales NMP/100 ml	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

PARÁMETROS	SEMANA 6 (5/12/2016)																	
	SECTOR ORIENTE ALTO									SECTOR LEG TABACAY								
	FP	FQ	FPZ	FC	FO	FI	FQT	FM	FV	FB	FME	FMA	ILEG	FBU	FR	FVE	FS	FU
Color (U.C.)	2	2	2	2	1	2	2	1	1	2	1		2	1	1	2	2	2
pH	7.1	7.2	7.1	7.1	7	7.1	7.1	7	7.2	7.2	7	7.1	7.1	7.1	7	7	7.2	7
Turbiedad (N.T.U)	1	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	2	1
Conductividad (μS/cm)	132.6	134.2	126.5	121.8	134.5	123.7	132.9	127.9	134.9	133.2	135.4	132.2	131.9	133	132.8	135.6	132	135.6
Dureza mg/L CaCO <sub>3</sub>	31.88	31.2	33.2	35.2	33.8	34.7	32.2	33.6	32.8	34.4	35.2	35.69	35.04	32.4	35.8	35.2	32.1	32
Alcalinidad mg/L CaCO <sub>3</sub>	25.08	25.08	24.44	24.84	25.28	25.6	25.4	25.12	25.04	24.8	24.2	24.8	24.44	24	24.8	24.88	24.6	24
Cloro Libre Residual mg/L	0.93	1.04	0.82	0.97	1.01	0.83	0.71	0.72	0.71	0.93	1.04	0.82	0.97	1.03	1.01	0.83	0.71	0.85
Sulfatos mg/L	24	22	24	21	21	20	24	23	20	22	25	22	23	25	20	21	20	21
Nitrito mg/L	0	0.001	0.002	0.001	0.019	0.001	0.002	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.007	0.02	0.009	0.001	0.02	0.001
Nitratos mg/L	4	4.7	7.6	8	8	7.2	8.8	5.4	8.1	4	6.8	5.2	5.8	5.4	5.5	3.5	4.7	5.50
Coliformes Totales NMP/100 ml	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

PARÁMETROS	SEMANA 7 (12/12/2016)																	
	SECTOR ORIENTE ALTO									SECTOR LEG TABACAY								
	FP	FQ	FPZ	FC	FO	FI	FQT	FM	FV	FB	FME	FMA	ILEG	FBU	FR	FVE	FS	FU
Color (U.C.)	1	2	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	2	1	1	2	2
pH	7.3	6.8	7.2	7.3	7.1	7.2	7.3	7.2	7.3	7.2	7.1	7.1	7.1	7.1	7	7.1	7.1	7
Turbiedad (N.T.U)	2	1	2	1	1	1	2	1	2	1	2	1	1	1	1	2	2	1
Conductividad (µS/cm)	127.8	123	119.1	123.5	122.6	123.6	131	127.3	127.8	134.9	133.4	131.5	132.2	133	131.4	135.3	132	136.8
Dureza mg/L CaCO <sub>3</sub>	31.2	31.2	33.12	35.12	34.56	34.08	32	33.44	32	34.56	35.4	35.08	35.2	32	35.04	35.2	32	32
Alcalinidad mg/L CaCO <sub>3</sub>	24.92	25.16	25.6	25	25.28	25.28	24.44	24.8	24.8	24.2	24	24.32	24.8	24	24.36	24.8	24.9	24
Cloro Libre Residual mg/L	0.87	1.09	0.81	1.03	1.04	0.63	0.66	0.76	0.66	0.87	1.09	0.81	1.03	1.04	0.63	0.74	0.74	0.74
Sulfatos mg/L	26	21	27	21	24	21	26	26	21	26	25	23	23	24	21	21	23	21
Nitrito mg/L	0	0.001	0.002	0.006	0.001	0.001	0.011	0.012	0.001	0.001	0.001	0.001	0.004	0	0.01	0.001	0	0.001
Nitratos mg/L	3.6	5.3	7.48	8.2	8.6	7.1	7.1	5.55	7.1	3.3	5.2	6.5	5.3	5.9	3.2	3.9	5.7	4.6
Coliformes Totales NMP/100 ml	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2





# UNIVERSIDAD DE CUENCA

PARÁMETROS	SEMANA 8 (19/12/2016)																	
	SECTOR ORIENTE ALTO									SECTOR LEG TABACAY								
	FP	FQ	FPZ	FC	FO	FI	FQT	FM	FV	FB	FME	FMA	ILEG	FBU	FR	FVE	FS	FU
Color (U.C.)	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	1
pH	7.1	7.2	7.2	7	7.2	6.9	7.1	7	7.3	7.2	7.1	7	7	7	6.8	7.2	7.1	7.1
Turbiedad (N.T.U)	2	1	2	1	1	2	1	1	2	2	1	1	2	1	1	1	1	2
Conductividad (µS/cm)	124.5	120.6	124.2	123.3	127	133.5	134.8	127	134	133	133	134	130.7	135	131	136.4	131	137.2
Dureza mg/L CaCO <sub>3</sub>	31.6	32	33.7	35.2	34.5	34.1	32	33.4	32	34.2	34.8	35.04	35.52	32.6	35.2	35.2	32.6	32.8
Alcalinidad mg/L CaCO <sub>3</sub>	25	25.2	25	25.3	24.88	24.88	25.8	25.2	24.8	24.08	24.12	24.44	24.72	24.1	24.4	24.6	24.7	24
Cloro Libre Residual mg/L	0.88	0.87	0.94	1.02	1.03	0.63	0.74	0.66	0.74	0.88	0.87	0.94	1.02	1.03	0.63	0.74	0.85	0.74
Sulfatos mg/L	20	24	20	21	23	23	20	24	21	25	26	21	22	23	23	25	20	20
Nitrito mg/L	0.001	0.001	0.001	0.005	0.001	0.001	0.012	0.017	0.02	0.008	0.001	0.02	0.001	0.01	0.001	0.011	0.01	0.001
Nitratos mg/L	3.3	5.4	7.1	8.1	7.8	7.1	8.4	4.9	8.4	3.2	7.02	6	5.7	5.7	3.3	3.3	5.3	4.7
Coliformes Totales NMP/100 ml	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

PARÁMETROS	SEMANA 9 (27/12/2016)																	
	SECTOR ORIENTE ALTO									SECTOR LEG TABACAY								
	FP	FQ	FPZ	FC	FO	FI	FQT	FM	FV	FB	FME	FMA	ILEG	FBU	FR	FVE	FS	FU
Color (U.C.)	2	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	2	1	2	2	2	2
pH	7.2	7.1	7.4	7.3	7.3	7.1	7.4	7.3	7.1	6.9	7.1	7.3	7	7.1	7.4	7.1	6.9	7.3
Turbiedad (N.T.U)	1	1	1	2	2	2	2	2	1	2	1	1	1	2	1	1	2	1
Conductividad (µS/cm)	123.3	125.5	124.4	125	120	135.9	123.5	125	138	133.6	132	131	132	135	131	133.7	134	134.2
Dureza mg/L CaCO <sub>3</sub>	31.2	31.8	33.4	35.2	34.2	34.4	32.2	33.58	32.30	34.56	35.6	35.5	35.5	32	35.07	35.9	32	32.5
Alcalinidad mg/L CaCO <sub>3</sub>	25.6	24.8	25.08	25.6	25.16	25.16	24.31	25.1	25	24.8	24	24	24.6	24	24	24.89	24.2	25
Cloro Libre Residual mg/L	0.85	0.84	0.91	1.01	1.06	0.6	0.61	0.75	0.61	0.85	0.85	0.91	1.01	1.06	0.6	0.61	0.76	0.61
Sulfatos mg/L	21	24	27	21	21	24	21	21	23	26	25	25	23	23	22	21	21	23
Nitrito mg/L	0	0.001	0.001	0.001	0	0.001	0.012	0.001	0.003	0.01	0.001	0.001	0.001	0.01	0.001	0.001	0.01	0.002
Nitratos mg/L	3.2	6	7.2	9.4	7.9	7.6	8	7.6	7.1	3.7	3.05	6	5.7	3.36	3.38	5.3	4.6	3.4
Coliformes Totales NMP/100 ml	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2

